



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية

كلية التربية

**تحضير مادة متراكبة من مطاط SBR مدعمة  
بالفرايت من نوع  $Ni_xM_{1-x}Fe_2O_4$  واستخدامها  
لتوهين موجات الرادار**

رسالة قَدمتها الطالبة

**دعاء عبدالله جلد الركابي**

الى مجلس قسم الفيزياء /كلية التربية جامعة القادسية وهي جزء  
من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

إشراف

**الاستاذ المساعد الدكتور**

**رحيم عبد جبر المرمضي**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلًا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنزَلْنَا مَعَهُمُ

الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِقَوْمٍ لَّا يَفْقَهُونَ الْقِسْطَ

وَأَنزَلْنَا إِلَيْكَ الْكِتَابَ فِيهِ بَيِّنَاتٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ

وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ

قَوِيٌّ عَزِيزٌ

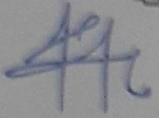
صَلَّى اللَّهُ عَلَى الْعَبْدِ مُحَمَّدٍ

## الحديد الآية {25}

### إقرار لجنة المناقشة

نحن رئيس وأعضاء لجنة المناقشة الموقرين أدناه نشهد أننا إطلعنا على الرسالة الموسومة (تحضير مادة متراكبة من مطاط SBR مدعمة بالفرايت من نوع  $Ni_{1-x}M_{1-x}Fe_2O_4$  وأستخدامها لتوهين موجات الرادار ) والمقدمة من الطالب (دعاء عبدالله جلد) وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير علوم في الفيزياء / الحالة الصلبة وبعد جراء المناقشة العلنية وجدنا أن الرسالة مستوفية لمتطلبات الشهادة المذكورة ، وعليه نوصي بقبول الرسالة ، وتقدير (امتياز).

عضو اللجنة

التوقيع : 

الاسم: د. ماجد حسين دويج

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة كربلاء / كلية العلوم

التاريخ: ١٨ / ١٢ / 2017 م

رئيس اللجنة

التوقيع : 

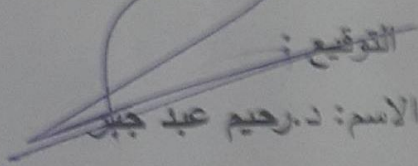
الاسم: د. محمد حمزة دحام

المرتبة العلمية: استاذ

العنوان: جامعة بابل / كلية هندسة المواد

التاريخ: ١٨ / ١٢ / 2017 م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع : 

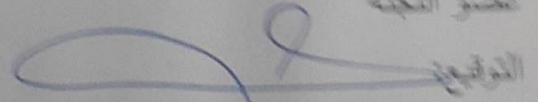
الاسم: د. رحيم عبد جبار

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان: جامعة القادسية / كلية التربية

التاريخ: ١٨ / ١٢ / 2017 م

عضو اللجنة

التوقيع : 

الاسم: د. نبيل كاظم عبد علي

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة القادسية / كلية الهندسة

التاريخ: ١٨ / ١٢ / 2017 م

مصادقة عمادة كلية التربية

التوقيع : 

الاسم: أ.د. خالد جواد كاظم العادلي

المرتبة العلمية: استاذ

المنصب: عميد كلية التربية

التاريخ: ٩ / ١ / 2018 م

العدد / 203  
التاريخ / 8 / 2017  
رقم البحث ( 4304 )



مجلة جامعة كربلاء العلمية  
مجلة علمية محكمة  
تحت إشراف الرقيات العلمية

## قبول النشر



إلى / دعاء عبدالله جند المحترمة  
د. رحيم عبد جبر المحترم

تأريست هيئة التحرير البحث المقدم من قبلكم والموسوم:

دراسة الخواص الكهربائية للمطاط المشاب بمواد فيرايتية  $(Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4)$   
وأستخدامه في التطبيقات المايكروية

بعد الاطلاع على آراء المومين تقرر قبول البحث وسينشر في الإعداد القادمة للمجلة. علماً إن تاريخ الاستلام هو  
2017 / 5 / 8

أ.د. عامر عبد الأمير محمد علي  
مدير تحرير المجلة

2017 / 8 / 3

## الإهداء

إلى من خلقتني وسوانني وأعطاني فأرضاني . . الله مربي  
 إلى شفيعي والذين أذهب الله عنهم الرجس . نبينا واله  
 إلى من أوصى الله بطاعتها . . . والدي العزيزين  
 إلى من ساندني وانرمني خطوة بخطوة على هذا الطريق  
 رمز النقاء والوفاء والمحبة ونبض القلب . . نروحي العزيزين  
 إلى شموعي ونور عيني ومن يدخل الفرحة الى قلبي . . اولادي  
 إلى كل القلوب التي تدعولي بالنجاح والتوفيق . . أهدي هذا  
 الجهد المتواضع لهم .

وجاء

الحمد لله الذي جعل الحمد مفتاحا لذكره، وخلق الأشياء ناطقة بحمده والصلاة والسلام على نبيه محمد وآله الطيبين الطاهرين.

وبعد...يسرني وأنا أنجز هذا الجهد المتواضع من القاء نظرة تحمل كل تقدير وامتنان والشكر الجزيل الى كل من أسهم في إنجاز بحثي هذا بصيغته النهائية، ففتحية وفاء تعجز عنها ابغ عبارات الشكر والتقدير للأستاذ المشرف الدكتور رحيم عبد جبر، لإشرافه على مراحل أتمام البحث من خلال توجيهاته العلمية السديدة ومقترحاته القيمة التي أغنت هذا البحث. وكل الشكر والتقدير الى مديرية تربية كربلاء لمنحهم الإجازة الدراسية لإتمام دراستي. واتوجه بالشكر والتقدير الى كل من ساندني طوال مدة البحث، ولم يبخل علي بعلمه الاستاذ الدكتور محمد حمزة دحام المعموري .. و يدعوني واجب الاحترام والتقدير والامتنان الى ان اتوجه بالشكر والتقدير الى أساتذتي جميعهم في جامعة القادسية و كلية التربية و قسم الفيزياء المحترمين.

و اتقدم بالشكر الجزيل لجامعة بابل كلية الهندسة قسم هندسة المواد لسماحها بإجراء بعض الفحوصات في مختبرات كلية هندسة المواد وأتقدم بالشكر والتقدير الى معمل أطارات بابل وإلى جامعة كربلاء وعمادة كلية العلوم ممثلة بدكتور نورس محمد شهيد وقسم الكيمياء ورئيس قسم الفيزياء في كلية العلوم جامعة كربلاء الدكتور فاضل شراد لمساعدتهم لي في اتمام حرق العينات في مختبراتهم، كما اتوجه بالشكر والتقدير لوزارة العلوم والتكنولوجيا /دائرة البحث والتطوير الصناعي لقيامها بأجراء فحوصات تشتت الموجات الرادارية، وكل الشكر والتقدير الى العاملين في مركز الرازي في طهران لمساعدتهم في اجراء الفحوصات المختبرية.

وفي النهاية اتوجه بالشكر والتقدير الى جميع من ساندني من عائلتي وزوجي واولادي ولكل من فاتني ان اذكرهم، ولكل من تمنيت لو استطعت لذكرتهم أسأل الله تعالى أن يسدد خطي الجميع لما فيه الخير والتوفيق أنه ولي التوفيق.

تم في هذا البحث تحضير المركبات الفييراتية وهي (Ni-Ferrites) و (Mn- Ferrites) وذلك بخلط مول واحد من املاح العناصر (Ni, Mn,) مع مولين من كلوريد الحديد باستعمال طريقة الترسيب الكيميائي (Coprecipitation) حيث تم استعمال تقنية حيود الاشعة السينية (XRD) للتأكد من الحصول على طور سبيل فرايت اللازم لتحضير المركب النهائي والذي هو  $Ni_xM_{1-x}Fe_2O_4$  إذ  $M$  تأخذ العنصر Mn قيم  $X=(0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1)$  وكذلك تم استعمال تقنية VSM للتأكد من حصولنا على مواد دايا مغناطيسية ذات تخلفية مغناطيسية قليلة وبعد التأكد من ذلك وبعد تحضير المركبات الفييراتية تم الخلط مع المتراكب المطاطي لمطاط SBR المحضر مسبقاً وفقاً للنسب الوزنية (1,2,3)g حيث وصل عدد العينات الى (19) عينة وشكلت العينات على شكل اقراص مطاطية واجريت بعد ذلك الفحوصات على هذه العينات إذ اجريت فحوصات الصلادة باستعمال جهاز (Shore-A) ولوحظ زيادة صلابتها ولجميع العينات بزيادة نسبة اضافة المركبات الفييراتية حيث وجد ان الصلادة تكون أكبر عند اضافة فرايت النيكل منغنيز الى المادة المطاطية المركبة حيث كانت اعلى قيمة للصلادة هي (59.9) وتم قياس الارتدادية ولوحظ أنخفاض في ارتداديتها ولجميع العينات حيث كانت أوطاً قيمة للارتدادية (79.4) فضلاً عن حساب الوزن النوعي للمواد ووجد زيادة في الوزن النوعي ولجميع العينات، وتم قياس ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي وتم دراسة تصرف ثابت العزل الحقيقي والخيالي مع التردد ضمن المدى الترددي من  $5 \rightarrow 0.5$  MHz إذ لوحظ تناقص قيم ثابت العزل الحقيقي والخيالي بزيادة التردد المسلط. وتمت القياسات باستعمال جهاز (LCR). وكذلك تم دراسة تصرف المقاومة مع التردد وضمن نفس المدى الذي تم استخدامه في حسابات ثابت العزل ولوحظ ايضاً نقصان المقاومة الكهربائية بزيادة التردد ثم اجريت اخيراً فحوصات امتصاص الموجات الرادارية باستخدام جهاز ( Vector analytical analyzer) إذ تم قياس فقدان قيمة طاقة الانعكاس ضمن حزمة (X- Band) أي في المدى الترددي من  $8-12$  GHz. وتم الحصول على امتصاصية تصل الى 99% وبمديات ترددية مختلفة تختلف باختلاف نسبة x وكذلك تختلف باختلاف نسبة اضافة مركب الفرايت كحشوات الى مطاط (SBR).

## المحتويات Content

رقم الصفحة	الموضوع
I	الاهداء
II	شكر وتقدير
III	الخلاصة
VII -IV	المحتويات
XII -VIII	قائمة الاشكال
XII	قائمة الجداول
XIV-XIII	قائمة الرموز المستخدمة
<b>الفصل الاول: المقدمة (INTRODUCTION)</b>	
5-1	1-1 المقدمة
12-6	2-1 الدراسات السابقة (Previous Studies)
12	3-1 الهدف من الدراسة
<b>الفصل الثاني: الفريئات والمواد الماصة للرادار</b>	
13	1-2 نظرة تاريخية عن تطور المواد الفريائية
14	2-2 الفريئات (Ferrite)
15-14	3-2 أنواع الفرييت (Types of Ferrites)
17-15	4-2 فرييت السبيل (Spinel Ferrite)
17	5-2 أنواع فرييت السبيل (Type of Spinel)
20-18	6-2 العزم المغناطيسي (Magnetic Moment)
22-20	7-2 تصنيف المواد المغناطيسية
25-23	8-2 المنحنيات المغناطيسية وحلقة الهسترة المغناطيسية (Hysteresis Loop Curve and Magnetization)
27-25	9-2 عزم التشبع المغناطيسي في الفريئات (Saturation Magnetization Moment in Ferrite)





27	10-2 الرنين الفيرومغناطيسي (Ferri magnetic Resonance (FMR)
32-27	11-2 الخواص الكهربائية لفرايت السبيل ( ) Electrical Properties of (Spinel
33-32	12-2 السماحية الكهربائية (Permittivity)
34-33	13-2 المطاط الصناعي (Rubber SBR)
35-34	14-2 مترابك المطاط فرايت (Rubber Ferrite Composites)
35	15-2 الصلادة (Hardness)
35	16-2 الوزن النوعي (Specific Weight)
36	17-2 الارتدادية (Resilience)
38-37	18-2 المواد الماصة للرادار (RAMs) Radar Absorbing Materials)
39	19-2 المواد المترابكة (Composite Materials)
40-39	20-2 أنواع المواد المترابكة (Types of Composites)
41	21-2 الحشوات او المقويات (Filler or Reinforcement)
44-42	22-2 آلية الخسارة في الموجات الكهرومغناطيسية ( ) Electromagnetic (Loss Mechanism
45-44	23-2 شاشة سالسبيري (Salisbury Screen)
46-45	24-2 طبقة داللينج (Dallenbach Layer)
47-46	25-2 الماصات العازلة متعددة الطبقات ( ) Multilayer Dielectric (Absorbers
48	26-2 المواد المترابكة والصناعية ( ) Composite and Artificial (Materials
49-48	27-2 الماص المغناطيسي (Magnetic Absorber)
52-49	28-2 انتشار الموجات الكهرومغناطيسية ( ) Electromagnetic Wave (Propagation
53-52	29-2 آلية تقليل الانعكاسية (Mechanism of Reflectivity Reduce)

54-53	30-2 تقنيات التحضير (Preparation Techniques)
55-54	31-2 تقنية الترسيب الكيميائي المشترك (Coprecipitation Tehnique)
	<b>الفصل الثالث: الجزء العملي (PRACTICAL PART)</b>
57-56	1-3 المقدمة
58	2-3 المواد الأولية للمواد الفراييتية
62-58	3-3 تحضير الفراييتات
63-62	4-3 تحضير الفراييتات المركبة
65-64	5-3 تحضير العجنة المطاطية المتراكبة (Preparation of rubber composite)
70-65	6-3 أجهزة القياس
	<b>الفصل الرابع: النتائج والمناقشة (RESULTS AND DISCUSSION)</b>
73-71	1-4 الخواص التركيبية (Structural Properties) :
77-74	2-4 فحوصات VSM
80-78	3-4 ثابت العزل الحقيقي
82-81	4-4 ثابت العزل الخيالي
84-83	5-4 المقاومة
85	6-4 الصلادة (Hardnes)
86	7-4 الارتدادية (Resilience)
87	8-4 الوزن النوعي (Specific Weight)
89-87	9-4 توهين الموجات الرادارية
92-89	10-4 فقدان الانعكاسية
96-93	11-4 معامل الانعكاس

98-96	12-4 السماحية المركبة (Complex permibility)
100- 98	13-4 النفاذية المركبة (Complex permittivity)
	الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات <b>CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS</b>
102-101	1-5 الاستنتاجات
102	2-5 التوصيات
	المصادر : (REFERENCE)

## قائمة الأشكال

رقم الصفحة	رقم الشكل	اسم الشكل	ت
16	(1-2)	يمثل وحدة الخلية الأساسية والمسافة البينية بين الذرات لفرايت السبيل	.1
18	(2-2)	يمثل نموذج لحركة الإلكترون حول النواة	.2
22	(3-2)	يبين المواد حسب البارامغناطيسية وضد المغناطيسية والفيرومغناطيسية والفرمغناطيسية	.3
24	(4-2)	يمثل المنحنيات المغناطيسية لمواد مختلفة	.4
25	(5-2)	المنحنيات المغناطيسية وحلقات الهستير المغناطيسية	.5
26	(6-2)	يوضح العلاقة بين العزوم المحسوبة والملاحظة للعناصر ثنائية التكافؤ	.6
30	(7-2)	يبين اليات الاستقطاب لمواد قليلة المسامية	.7
31	(8-2)	يمثل العناصر التي تساهم في خسارة العازل	.8
34	(9-2)	يمثل التفاعل الأساسي للبلورة لتكوين مطاط <i>SBR</i>	.9
45	(10-2)	يمثل شاشة سالييري	.10
46	(11-2)	يوضح ماص طبقة دالينج	.11
52	(12-2)	موجة كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ	.12
56	(1-3)	مخطط يبين عملية تحضير العينات	.13

59	(2-3)	يمثل الميزان الكهربائي الحساس	.14
60	(3-3)	يمثل الخلاط المغناطيسي	.15
60	(4-3)	يمثل فرن التجفيف	.16
61	(5-3)	يمثل فرن الحرق	.17
61	(6-3)	يمثل صورة جهاز XRD	.18
66	(7-3)	يمثل جهاز (LCR meter) المستخدم	.19
68	(8-3)	يوضح جهاز VSM	.20
70	(9-3)	قياس توهين الموجات الرادارية	.21
72	(1-4)	يمثل حيود الاشعة السينية لفرأيت $NiFe_2O_4$ بعد عملية الكلسنة	.22
72	(2-4)	يمثل حيود الاشعة السينية لفرأيت $NiFe_2O_4$ بعد عملية الحرق	.23
73	(3-4)	يمثل حيود الاشعة السينية $MnFe_2O_4$ بعد عملية الكلسنة	.24
73	(4-4)	يمثل حيود الاشعة السينية لفرأيت $MnFe_2O_4$ بعد عملية الحرق	.25
75	(5-4)	حلقة الهسترة المغناطيسية لفرأيت ( $Ni_0Mn_{1-0} Fe_2O_4$ )	.26
75	(6-4)	حلقة الهسترة المغناطيسية لفرأيت ( $Ni_1Mn_0 Fe_2O_4$ )	.27
76	(7-4)	حلقة الهسترة المغناطيسية لفرأيت ( $Ni_{0.2}Mn_{1-0.2} Fe_2O_4$ )	.28
76	(8-4)	حلقة الهسترة المغناطيسية لفرأيت ( $Ni_{0.4}Mn_{1-0.4} Fe_2O_4$ )	.29
77	(9-4)	الهسترة المغناطيسية لفرأيت ( $Ni_{0.6}Mn_{1-0.6} Fe_2O_4$ )	.30

77	(10-4)	حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت $Ni_{0.8}Mn_{1-0.8}Fe_2O_4$ ( )	.31
79	(11-4)	يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 1غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.32
80	(12-4)	يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 2غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي	.33
80	(13-4)	يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 3غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.34
81	(14-4)	يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 1غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.35
82	(15-4)	يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 2غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.36
82	(16-4)	يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 3غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.37
83	(17-4)	يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 1غرام من فرايت $x$ $(Ni Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي	.38
84	(18-4)	يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 2غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.39
84	(19-4)	يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 3غرام من فرايت $x$ $(Ni Mn_{1-x}Fe_2 O_4)$ للمتراب المطاطي.	.40
85	(20-4)	يمثل العلاقة بين الصلادة للجنة المطاطية المترابطة SBR وتركيز الفرايت $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$	.41
86	(21-4)	يمثل علاقة العلاقة بين الارتدادية للجنة المطاطية المترابطة	.42

		$Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ وتركيز الفرايت SBR	
87	(22-4)	يمثل العلاقة بين الوزن النوعي للعجينة المطاطية المترابطة $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ وتركيز الفرايت SBR	.43
91	(23-4)	يوضح فقدان طاقة الانعكاس مع التردد عند اضافة 1 غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجينة المطاطية المترابطة SBR	.44
92	(24-4)	يوضح فقدان طاقة الانعكاس مع التردد عند اضافة 2 غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجينة المطاطية المترابطة SBR	.45
92	(25-4)	يوضح فقدان طاقة الانعكاس مع التردد عند اضافة 3 غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجينة المطاطية المترابطة SBR	.46
95	(26-4)	يمثل معامل الانعكاس للعجينة المطاطية المترابطة المضاف لها 1غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$	.47
95	(27-4)	يمثل معامل الانعكاس للعجينة المطاطية المترابطة المضاف لها 2غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$	.48
96	(28-4)	يمثل معامل الانعكاس للعجينة المطاطية المترابطة المضاف لها 3غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$	.49
97	(29-4)	يوضح السماحية المعقدة عند اضافة 1غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجينة المطاطية المترابطة SBR	.50
97	(30-4)	يوضح السماحية المعقدة عند اضافة 2غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجينة المطاطية المترابطة SBR	.51
98	(31-4)	يوضح السماحية المعقدة عند اضافة 3غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجينة المطاطية المترابطة SBR	.52

99	(32-4)	يوضح النفاذية المعقدة عند اضافة 1غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجنة المطاطية المتراكبة SBR	.53
99	(33-4)	يوضح النفاذية المعقدة عند اضافة 2غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجنة المطاطية المتراكبة SBR	.54
100	(34-4)	يوضح النفاذية المعقدة عند اضافة 3غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للعجنة المطاطية المتراكبة SBR	.55

### الجداول

الصفحة	الموضوع
4	الجدول (1-1) : يمثل الخواص العامة للمواد الفييرايتية والمواد المغناطيسية الحديدية
17	الجدول (1-2) : يمثل انصاف اقطار بعض ايونات ثنائية التكافؤ
26	الجدول (2-2) : يبين العزوم المحسوبة والملاحظة لعناصر ثنائية التكافؤ
47	الجدول (3-2) : يوضح عدد الصفائح وعرض الحزمة لمامص جومان Band width of Jaumann Absorbers
58	الجدول (1-3) : المواد المستخدمة في تحضير المواد الفييرايتية
62	الجدول (2-3) : يبين الكتل بالغارامات للمواد في تحضير الفييرايتات المطلوبة
63	الجدول (3-3) يمثل تحضير الفييرايت المتراكب $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$
64	الجدول (4-3) : المواد المكونة للمادة المتراكبة المطاطية والفييرايت ذات الصيغة $Ni_xM_{1-x}Fe_2O_4$
65	الجدول (5-3) : طريقة العصر في العصارة المختبرية
74	الجدول (1-4) : نتائج فحوصات VSM
88	الجدول (2-4) : يبين نتائج فحص VAA لمطاط SBR المشوب بنسبة (1غم من الفييرايت المركب $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ )
88	الجدول (3-4) : يبين نتائج فحص VAA لمطاط SBR المشوب بنسبة



	(2غم) من الفرايت المركب $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$
89	الجدول (4-4) يبين نتائج فحص VAA لمطاط SBR المشوب بنسبة (3غم) من الفرايت المركب $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

### قائمة الرموز المستخدمة

الرمز	اسم الرمز
$\mu$	النفاذية العقدية
$\acute{\mu}$	الجزء الحقيقي للنفاذية
$\hat{\mu}$	الجزء الخيالي للنفاذية
$\Gamma$	ثابت التوهين
$\lambda$	الطول الموجي
$\lambda_0$	الطول الموجي في الفضاء
$\vec{F}$	قوة لورنتز
$\vec{v}$	سرعة الالكترون
$q$	الشحنة الكهربائية
$\vec{B}$	المجال المغناطيسي
$\vec{E}$	المجال الكهربائي
M	العزم المغناطيسي

L	العزم الزاوي
m	الكتلة
$\gamma$	النسبة الجابرومغناطيسية
$M_0$	نفاذية الفضاء
$X_M$	التأثرية المغناطيسية
$M_S$	مغناطيسية الاشباع
$h$	ثابت بلانك
$n$	التردد
$g$	قيمة لاند
K	ثابت بولتزمان
T	درجة الحرارة المطلقة
$E_p$	طاقة التنشيط
$\rho$	التوصيلية الكهربائية
$N_0$	عدد أفكادرو
$\vec{P}$	عزم ثنائي القطب
$\alpha$	الاستقطاب
R	المقاومة
C	السعة
A	المساحة السطحية
d	سمك النموذج

$\epsilon$	ثابت العزل
$\epsilon'$	الجزء الخيالي للسماحية المعقدة
F	التردد
$RAM_s$	المواد الماصة للأشعة الرادار
RCS	المقطع العرضي للرادار
$v_f$	الكسر الحجمي
$w_f$	الكسر الوزني
$\omega$	التردد الزاوي
$\tan \delta m$	زاوية فقدان الظل المغناطيسي
$\tan \delta e$	زاوية فقدان الظل الكهربائي
K	العدد الموجي
$k_0$	العدد الموجي في الفضاء
$Z_0$	ممانعة الفضاء
$Z_i$	الممانعة
$R_s$	المقاومة السطحية
n	معامل الانكسار



## مقدمة عامة (INTRODUCTION)

### 1- المقدمة Introduction

يسعى العلماء والباحثون والمهندسون نتيجة للتطورات الصناعية التي شهدتها في كافة المجالات، إلى إيجاد بدائل للمواد ذات الاستخدامات الصناعية المتعددة حيث تكون هذه البدائل ذات مواصفات هندسية عالية لا تتوفر في أية مادة طبيعية أخرى ، لاستخدامها في التطبيقات الصناعية المتعددة من الطائرات والرادارات والسفن والسيارات وغيرها.

ومن خلال دراسة خواص المواد الهندسية (المعادن، السيراميك، البوليمرات)، وجد الاختصاصيون في علم المواد وجود تباين في خواص تلك المواد من حيث المقاومة ، والمتانة ، والصلادة واللدونة وتحمل القوى الخارجية ودرجات الحرارة، وهذه المواصفات قد تكون مناسبة في تطبيق معين وغير مناسبة في تطبيق آخر [1]. وان علم المواد المتراكبة (Composite Materials) يعد من العلوم التي مازال الانسان يبحث فيها ويطورها . ولقد أظهرت استخدامات المواد المتراكبة من البوليمرات الراتنجية المدعمة في منتصف الثلاثينيات من هذا القرن الماضي ومع بدايات الحرب العالمية الثانية عندما أُستخدم البولي أستر المقوى بألياف الزجاج والكاربون في صناعة أبدان الطائرات وقباب الرادارات في الطائرات، واستخدمت المواد المتراكبة كذلك في صناعات المباني والعمارات والصناعات البحرية وكذلك في الصناعات الكيميائية والطبية [2,3].

وتتملك المواد المتراكبة بعض الخواص التي تتناسب مع العديد من التطبيقات الصناعية المهيمنة لذلك نالت مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة، بحيث أن المواد المتراكبة تجمع بين خواص مادتين أو أكثر متجاوزة مساوي كل مادة و لاسيما أنها تمتلك إمكانية التحكم بخواصها سواء عن طريق نوع ونسب المواد المكونة لها أو من خلال تصميمها وطرائق تصنيعها ، لذلك تبلور محور تركيز المصممين والمهندسين في الوقت الحاضر على الدور الفعال للمواد الهندسية التي دخلت في مختلف المجالات الصناعية، لذلك تم اختيارها وتصنيعها بعمليات متعددة ومتعاقبة

وفقاً لتراكيب تصميمية وإنشائية تتلاءم مع الأداء الوظيفي فضلاً عن تحليل فشلها في ذلك الأداء [4,5]. ونظراً إلى متطلبات التطور والنهضة الصناعية التي تبغي السير باتجاه تحسين أداء المنتج من ناحية التصميم والتصنيع، ففي الهندسة الإنشائية هناك مساحٍ لتشكيل تراكيب ذات قوة ومتانة وموثوقية من حيث جماليتها ومقاومتها للتآكل، أما في المجالات الكهربائية فنجد ان الرغبة بإنتاج دوائر متكاملة فمثلاً تكون مفاتيح الحاسوب لحظية التفاعل وعازلة جيدة للكهربائية وتتحمل فولتية عالية، أما في مجال صناعة السيارات فقد تم استعمال مواد ذات وزن خفيف ومتانة عالية (durable materials) ولاسيما ان المجالات الفضائية تتطلب مواد ذات وزن خفيف وأداء جيد لكي تقاوم الظروف الجوية (درجة الحرارة مثلاً) للفضاء الخارجي [5].

فالبوليمرات تعرف بأنها مواد خاملة وخفيفة الوزن و تمتلك درجة عالية من المطيلية، و تمتاز بانخفاض التوصيلية الكهربائية والحرارية فهي تستعمل عوازل كهربائية وحرارية، وبمقارنتها مع المعادن فإنها تكون ذات كثافة واطئة واستطالة كبيرة عندما يكون هنالك تغير في درجات الحرارة، وتمتلك جساءه واطئة ومقاومة عالية للتآكل وهي لأتعد من المواد الصلدة [6] أما المواد السيراميكية فهي مواد لا عضوية وغير معدنية [5]، مثل الاكاسيد و الكاربيدات و النتريدات وغيرها، اذ تميل المواد السيراميكية إلى أن تكون ذات توصيلية كهربائية وحرارية رديئة أي أنها مواد عازلة وتتصف بالهشاشة الناتجة عن انخفاض المطيلية ثم انخفاض مقاومتها للصدمات، ألا أنها تمتلك صلادة وقوة انضغاط وخمولا كيميائياً، وعليه لا يستعمل السيراميك في التطبيقات الواقعة تحت تأثير الأحمال الصدمية مقارنة بالمعادن، مع ذلك فأنها ذات مقاومة لدرجات الحرارة العالية [5,7].

وتعد المواد المترابكة ذات الأساس البوليمري من أقدم المواد المترابكة [4]. تتكون المواد المترابكة من الطور الأول الذي يعرف بالمادة الأساس (Matrix) وتكون من مادة مطيلية ذات متانة عالية مثل البوليمرات، أما الطور الثاني فيسمى بطور التقوية

(Reinforcement) الذي قد يكون على شكل (ألياف ، أو دقاتق ، أو قشور) من مواد صلبة مثل (بوليمرات، سيراميك، معادن) [7] .

تعد الفيرايئات مواد فيرومغناطيسية تحتوي على أكسيد الحديد ( $Fe_2O_3$ ) الذي تكون له الافضلية على بقية الأوكسيدات مثل الباريوم، السنترويتوم، المنغيز، النيكل ، الزنك ، الليثيوم والكادميوم .و تستعمل الفيرايئات بطريقة مثالية لتصنيع الأجهزة مثل قلوب المحاثات ، المقومات ، اجهزة الذاكرة وكذلك لمختلف التطبيقات للموجات المايكروية. وعلى الرغم من ان قيمة تمغنت الأشباع للمواد الفيرايئية هي أقل من قيمة تمغنت الأشباع للمواد الفيرومغناطيسية الا انها ذات فائدة كبيرة عند استعمالها في التطبيقات ذات الترددات العالية وتتميز بكلفتها الواطئة ومقاوميتها الكهربائية العالية.

تقسم الفيرايئات على قسمين هما السوفت فيرايت (Soft ferrite) والهارد فرايت (Hard ferrite) وتقسم على هذين القسمين طبقاً لمغناطيسيتها وايضاً تقسم المواد الفيرايئية طبقاً للتماثل البلوري فقد يكون تماثلها البلوري مكعباً أو سداسياً أو معينياً وطبقاً لهذا التقسيم فإن فرايت الزنك هو فرايت مكعبي ومواد (Soft ferrite) التي لا تحتفظ بمغناطيسيتها بينما مواد (Hard ferrite) تعد مواد مغناطيسية دائماً .

تعد مواد السبنل فرايت ذات اهمية تجارية لانها تمتلك خصائص مغناطيسية وكهربائية فريدة. وقد اهتم العديد من الفيزيائيين والكيميائيين بدراسة مواد السبنل فرايت. [8]

وبما أن المواد الفيرايئية لها القابلية على امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية نتيجة الامتصاص الرنيني الذي يحصل داخل المواد الفيرايئية. وبما أن العالم يشهد تقدم علمي وتكنولوجي تم استعمال المواد الفيرايئية في المجالات المدنية كافة منها والعسكرية إذ صنفت هذه المواد بأنها مواد ماصة للموجات الرادارية ( Radar absorbing Materials) (RAMs). وهذه المواد مواد مركبة لها القابلية على امتصاص الموجات الراديوية والمايكروية المارة من خلالها تقلل المقطع العرضي للرادار (RCS).

تتضمن هذه المواد اكاسيد معدنية يكون جزءها الخيالي لثابت العزل أكبر من جزئها الحقيقي ( $\epsilon_r \gg \epsilon_r'$ ) وتعد المواد الماصة للموجات الراديوية والميكروية هي مواد تتألف من حشوات مغناطيسية أو عازلة مع البوليمرات. استخدمت في الماضي المواد العازلة لغرض امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية على ان تكون هذه المواد ذات كثافة واطئة ولها استقرارية مثالية مع درجة الحرارة [9,10,11] ومن العوازل الشائعة في امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية هي الكربون، الكرافيت والرقائق المعدنية [12,13] ولكن عند استخدام هذه المواد في عمليات امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية بشكل مشابه للامتصاص عند استخدام المواد المغناطيسية نحتاج الى حجم كبير من المواد الماصة لغرض اجراء عملية امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية بشكل ملائم مثلاً ان السُمْك الفعال للمواد العازلة قد يصل الى أكثر من 0.12 cm بينما السُمْك للمواد المغناطيسية اللازم لإجراء نفس العملية لا يحتاج الا الى (0.2 cm) ولذلك في السنوات الاخيرة جذبت المواد المغناطيسية الاهتمام بشكل كبير في هذا المجال. [14,15]

الفيرايتات والسبائك المعدنية هما من اكثر المواد التي تم استخدامها بأنها حشوات مغناطيسية للمواد الماصة للأشعة الكهرومغناطيسية.

المواد المعدنية عادة تمتلك مغناطيسية اشباع عالية ونفاذية عقدية عالية يمكن كتابتها بالشكل الآتي:

$$\mu = \mu' - i \mu''$$

حيث  $\mu'$  النفاذية العقدية

$\mu''$  الجزء الحقيقي للنفاذية

$\mu''$  الجزء الخيالي للنفاذية

لذا استخدمت مواداً معدنيةً عاكسةً [16,17] ولكن تبقى عقبه عند استعمال المواد المغناطيسية المعدنية كمواد ماصة للموجات الكهرومغناطيسية وهي انها تملك توصيلية كهربائية عالية بصورة عامة وترددها الرنيني يكون قليل جداً بسبب التيارات الدوامة (Eddy Currents). [18]



النفاذية تتناقص بسرعة كبيرة عند الترددات العالية بلأضافة الى انها تملك سماحية عالية جداً والجدول الآتي يبين الخواص العامة للمواد الفييرائيتية والمواد المغناطيسية الحديدية. [19]

الجدول (1-1) : يمثل الخواص العامة للمواد الفييرائيتية والمواد المغناطيسية الحديدية [4]

	$\mu_i$	$\epsilon$	$f_r(\text{Hz})$	$(\Omega \cdot \text{cm})\rho$	Density $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Chemical stability	$T_c$
Metal	$10^3-10^5$	$> 100$	$< 10^3$	$< 10^{-2}$	$\sim 7 - 8$	Oxidation	$> 1000$
Ferrite	$10-10^4$	$10^{14}$	$10^6-10^{10}$	$10^2-10^{10}$	$5.0\sim$	Excellent	700

ومن ملاحظة الجدول (1-1) والمقارنة بين الفريت والمعادن نلاحظ ان الفريت تمتلك خواص فريدة مثل سماحيته الواطئة جداً والتردد الرنيني العالي والمقاومية العالية والكثافة الواطئة وتمتلك استقرارية كيميائية عالية وهذا مانحتاجه في المواد الماصة للموجات الكهرومغناطيسية ولاسيما في المواد متعددة الطبقات الماصة للموجات الكهرومغناطيسية. تلعب الفييرائيتات دوراً لا بديل له بأنها طبقات بين الموجة الكهرومغناطيسية والفضاء وذلك نتيجة الممانعة التي تمتلكها.

وتعتمد تقنية التخفي على استعمال طلاءات تتفاعل مع الموجات الكهرومغناطيسية المسلحة وتؤدي الى تقليل انعكاسها والأشكال التي استعملتها هذه الطلاءات طورت بواسطة الالمان في الحرب العالمية الثانية لتقليل الانعكاسية من الغواصات الحربية لتجنب حزمة الرادار بمدى (20cm) التي كان يستعملها الحلفاء إذ تتفاعل هذه الطلاءات مع الرادار بواسطة امتصاص الطاقة المسلحة عليها وبسبب خواصها في الحماية أطلق عليها المواد الماصة للرادار [20].

والماص المثالي هو الذي يتكون من طبقة واحدة ويكون رقيق وتكون فيه القيمة العددية للسماحية العقدية والنفاذية العقدية متساوية وتكون زاوية الضياع عالية. [21] ان ثابت التوهين  $\Gamma$  يمكن كتابته معادلته كالآتي [22]:

$$\Gamma = \frac{\pi \sqrt{2\delta_r}}{\lambda_o} \sqrt{\sqrt{1 + \tan^2 \delta} - 1} \dots \dots \dots (1 - 1)$$

حيث  $\lambda_o$  هو الطول الموجي في الفراغ الحر عند تردد العملية

$$\hat{\delta}_r = \mu \hat{\epsilon}_r - \hat{\mu}_r \hat{\epsilon}_r \dots \dots \dots (1 - 2)$$

$$\hat{\delta}_r = \hat{\mu}_r \hat{\epsilon}_r + \hat{\mu}_r \hat{\epsilon}_r \dots \dots \dots (1 - 3)$$

$$\tan \delta = \frac{\hat{\delta}_r}{\hat{\epsilon}_r} \dots \dots \dots (1 - 4)$$

ان كفاءة تشويش الرادار تعتمد على كمية الطاقة الممتصة بواسطة المواد الماصة للرادار (RAMs) وهذا يتم بواسطة اختزال المقطع العرضي للرادار بواسطة استعمال مواد ال (RAMs). ان من مميزات مواد الطلاء هي قلة السُمك، خفة الوزن والأستقرارية بالظروف البيئية المختلفة. [23,24]

إذ يعد سُمك المادة الماصة عاملاً مهماً في تصميم المواد الماصة وعلى الرغم من أنه وضع قديماً على ان السُمك المناسب للمواد الماصة يساوي ربع الطول الموجي فإذا كانت المواد المستخدمة في عملية امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية هي مواد مغناطيسية فان السُمك الذي نحتاجه في هذه الحالة للحصول على أقل انعكاسيه قد يمتد لنصف الطول الموجي وطبقاً لذلك فليس هناك قواعد لتصميم عام او صيغة عامة تكون مثالية لمتغيرات الموجات الكهرومغناطيسية وتطابق سُمك المواد الماصة [25,26]

## 2-1 الدراسات السابقة (Previous Studies) :

نتيجة لما تميزت به المواد الفيراتية من توهين عال للأشعة الكهرومغناطيسية فقد أنصب الاهتمام عليها في هذا المجال وتركزت البحوث والدراسات من الباحثين والعلماء على استعمال هذه المواد في تقنية التخفي وفي مختلف المجالات العسكرية والمدنية وسوف نستعرض هنا اهم الدراسات في هذا المجال.

في عام (1979) اجري الباحث (Knott) دراسة نظرية على المواد الماصة للموجات الرادارية إذ اوضح انه في حالة كون المادة الماصة كهربائية فان سمكها يكون مساوياً لربع الطول الموجي اما في حالة كون المادة مغناطيسية وأن افضل امتصاص لها عندما يكون سمكها مساوياً الى نصف الطول الموجي عند التردد المصاحب لهذا الطول الموجي. وقد استند في دراسته على القيم المعقدة لكل من السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية وافترض ان هذه القيم موجبة القيمة. [29]

في عام (1983) توصل الباحث (Harmuth) من خلال دراسته على الطلاءات التي لها قابلية على توهين الموجات الكهرومغناطيسية بالخسائر الاومية تكون ذات فعالية مع الاشارات ذات عرض نطاق ترددي ضيف وافترض في هذه الدراسة ان سقوط الموجة يكون عمودياً على سطح المادة وانعكاسها من السطح يكون بزوايا مختلفة. [30]

وفي عام (1985) وجد الباحث (Ruppin-p) ان هنالك اليات أخر يتم من خلالها توهين الموجات الكهرومغناطيسية داخل المواد الفييرائيتية ومن هذه الاليات الجزء الخيالي للسماحية الكهربائية ( $\epsilon''$ ) وكذلك الجزء الخيالي للنفوذية المغناطيسية وقد وجد ان توهين الموجات الكهرومغناطيسية داخل المواد الفييرائيتية يتناسب طردياً مع  $jw\sqrt{\epsilon\mu}$  لهذه المادة. [31]

في عام (1985) قام الباحث (Harmuth) باستعمال موجات جيبية ذات اشكال نبضية مختلفة ولاحظ ان استعمال المواد الفييرائيتية يكون جيداً في توهين الموجات الجيبية ذات النطاق الترددي الصغير ووجد ان فاعلية المواد الفييرائيتية قليلة جداً في توهين هذه الموجات لامتلاكها عرض نطاق واسع نسبياً. [32]

في عام (1999) قام العالم Sugimoto وآخرون بدراسة على تأثير امتصاص الباريوم فرايت عند اضافة عنصري المنغنيز والتيتانيوم (Mn, Ti) إذ لاحظوا زيادة نسبة امتصاصية الباريوم- فرايت للموجات الكهرومغناطيسية واجرو دراستهم في المدى الموجي من (3.85- 60.18) GHz وحصلوا على مقدار في

الانعكاسية بمقدار (-20dB) ويكون تأثير التيتانيوم (Ti) في الامتصاصية اكثر من تأثير إضافة المنغنيز (Mn) [33].

وفي عام (2000) تمكن الباحث صباح من تحضير فرايات ذات تركيب سبيل وسداسية التركيب ودراسة توهينها للموجات المايكروية في المدى الترددي (8-12.5) GHz مستعملاً طريقة السيراميك التقليدية في تحضير العينات إذ اظهرت نتائج دراسته حصوله على زيادة في عرض النطاق الترددي للماص من (3GHz) للفرايت الى (4GHz) للماص المترابك مع زيادة في قيم فقد الانعكاس من dB (-10, -21) للماص الفرايتي الى المدى dB (-10, -46) للماص المترابك وبأمتصاصية قصوى قدرة (99.999%) للماص المترابك. [34]

وفي عام (2000) قام الباحث (Mingzhong) ومجموعة من الباحثين بدراسة بإضافة نيكل-زنك فرايت بجسيمات نانوية (9-42)nm الى لاصق الايبوكسي لتحويله الى مادة ماصة للأشعة الرادار ضمن المدى الموجي (8-12)GHz ولاحظوا ان درجة حرارة التلدين لها تأثير مباشر على الخواص التركيبية والمغناطيسية للفرايت المحضر. [35]

وفي عام (2002) تمكن الباحث حسين القيسي من تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية من مواد مركبة مستعملاً البولي اثيلين العالي الكثافة واستعمال مواد الحشو من اسود الكربون والمغنيتايت والباريوم فرايت إذ تم دراسة توهين هذه المادة المركبة للأشعة الكهرومغناطيسية في المدى الموجي (8-12GHz) وظهرت القياسات امكانية اختزال المقطع الراداري عند استعمال اسودالكربون وبمقدار 75% وتكون فاعلية التوهين اقل في حالة استعمال المغنيتايت اما الباريوم فرايت فأعطيت امتصاصية جيدة ولكن في حزم ترددية ضيقة. [36]

وفي عام (2003) وجد الباحثان (Jae – Mam etal) ان معدل حجم الحبيبات للمواد الفيرايتية له تأثير في عملية امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية إذ ان زيادة الحجم الحبيبي لفرايت المنغنيز - زنك يؤدي الى زيادة الامتصاصية في المدى

الموجي GHz (0.8-1.8) وهذه الشريحة لهذا النوع من الفرايت يكون جيد الاستعمال في الموبايل. [37]

وفي عام (2004) ان النفاذية العقدية وكذلك السماحية العقدية للمواد الماصة للرادار لها الأثر الواضح في انعكاس وتوهين الموجات الرادوية الساقطة عليها فقد قام مجموعة من الباحثين (Roberto etal) بدراسة هذه الخواص لمادة البولي كلوروبرين المشوية بالفرايت السداسي من نوع (M.type barium) في المدى الترددي GHz (8-16) وقد حصلوا على افضل امتصاصية بمقدار 99.9% عند التردد (15GHz) [38].

وفي عام (2007) قام مجموعة من الباحثين (Ramesh) بدراسة استعمال الفرايت بطبقات عدة لتقليص المقطع العرض للرادار (RAOR) وذلك باستعمال الحلول الرياضية التقريبية وتمت قياسات الامتصاصية بواسطة طريقة جهاز اختبار الماص وتم قياس المقطع العرضي للرادار (RCS) بواسطة استخدام الغرف اللاترددية في المدى الترددي GHz (8-12) وتمت الدراسة بالاعتماد على البيانات المتوفرة للمواد الفيراييتية إذ ترتبط السماحية والنفاذية ارتباطاً وثيقاً بالتردد. [39]

وفي عام (2008) تمكن الباحثان تحسين وصباح من تحضير فرايتات الباريوم السداسية لغرض توصيف الموجات المايكروية في المدى الترددي GHz (8-12) معتمدين على طريقة السيراميك التقليدية في تحضير الفيراييتات تمت دراسة التوهين للموجات المايكروية باستخدام تقنية الدليل الموجي ذو النهاية الواحدة وحساب الانعكاس كدالة للتردد الرنيني ضمن النطاق السيني من خلال قياس نسبة فرق الجهد للموجة الواقعة داخل الدليل الموجي (VSWR). إذ توصل الباحثان الى ان التوهين للفرايتات المعتمدة جميعها في البحث طيف امتصاص بعرض نطاق ترددي نسبي صغير مع حصول ازاحات في مواقع القيم القصوى للامتصاص نتيجة وجود عناصر الاحلال [40].

وفي عام (2008) قام الجبوري وآخرون بدراسة منحنيات الاستجابة الترددية ضمن نطاق الموجات المايكروية GHz (8-12.4) للمواد الماصة (RAM) المتكونة من

خلاط (فيراييت - حديد) مع الايبوكسي المصلب لنسب خلط مختلفة لبيان تأثير نسب الخلط على كل من التردد الذي يعطي اقصى امتصاصية وكذلك عرض النطاق لجهاز قياس الموجة الواقفة ووجدو بان التردد عند اقصى امتصاص  $F(\max)$  وعرض نطاق الحزمة تزداد بشكل عام مع زيادة نسبة الفرايت وتقليل نسب الحديد في المزيج. [41]

وفي عام (2008) تمكن الجبوري من تحضير طلاءات تتكون من طبقتين احدهما من اكاسيد معادن مختلفة والآخرى من مسحوق الفرايت ( $MnFe_2O_4$ ) ولكل نموذج تم قياس الامتصاصية فيها للموجات الكهرومغناطيسية في المدى الترددي (8-12)GHz بمقياس نسبة الموجة الواقفة (SWR) ودراسة تأثير طبقة الاوكسيد مع طبقة مسحوق الفرايت عند التعرض المباشر للاشعة. حيث لاحظ ان طبقة الاوكسيد ( $MnO_2$ ) وطبقة الاوكسيد ( $Ni_2O_4$ ) كانتا الأفضل بين النماذج المحضرة لامتلاكها قيم امتصاصية عالية ومقاربة مع طبقة الفرايت ووجد ان مقدار الامتصاصية لاوكسيد  $MnO_2$  مع طبقة الفرايت افضل امتصاصية وبمقدار 87% في المدى الموجي (10.8-12.4)MHZ. [42]

في عام (2008) قام الباحث (ELbakly) بتصميم ماص راداري في المدى الترددي (8-18)GHz إذ تتكون الطبقة العليا من المطاط وحببيبات الحديد الدقيقة واوكسيد التيتانيوم ( $TiO_2$ ) والتي تعمل ماصاً للموجات الراديوية في المدى المذكور اعلاه. بينما تتكون الطبقة السفلى من المطاط واللياف الكاربون وقد قام بدراسة تأثير تغير سمك الطبقتين ونسب التكوين المختلفة. [43]

وفي عام (2010) عمل الباحث (Neo chye poh) على تصميم ماص مغناطيسي من خلال حساب النفاذية المغناطيسية ( $\mu$ ) والسماحية الكهربائية ( $\epsilon$ ) ومن خلال هذا العمل بين الباحث سبب استعمال الحديد (Fe) في عمل الماصات المغناطيسية للأشعة الكهرومغناطيسية من الحزمة (L) الى الحزمة (X) (1-12)GHz وكذلك قام بدراسة تأثير الاشباع المغناطيسي والمجال المتباين ودارسة معامل الخمود [44]

وفي عام (2010) قام الباحث (Luiz) وآخرون بدراسة المواد متعددة الطبقات الماصة للأشعة الرادار باستعمال البوليمر اللانسيجي والبوليمر الموصل حيث لاحظ حصول توهين في الطيف الكهرومغناطيسي في المدى الموجي (8-12)GHz إذ وجد ان قيمة التوهين تتراوح بين (87-99)% وهذه القيم تسمح باستخدام هذه المواد ماصات للموجات المايكروية. [45]

وفي عام (2010) قام مجموعة من الباحثين المعموري وآخرون بتحسين الخواص الميكانيكية للباريوم فرايت التي تقف عثرة في طريقه كمادة ماصة للموجات الرادارية عن طريق تحضير مادة متراكبة جديدة اساسها من الكاؤولين وحشوها من الباريوم فرايت حيث اثبت امكانية تحسين هذه الخواص بشكل كبير جداً فضلاً عن تقليل الوزن منه بنسبة (49%) من خلال تحضير مادة تحتوي على 5% و 15% من الباريوم فرايت مع متمماتها من الكاؤولين وذلك بتشكيلها بضغط مقداره (69.4)mpa وتليدها بدرجة حرارة (1150)C° لمدة ساعتين وبمعدل تسخين وتبريد منخفضين وكانت نتيجة معامل الانعكاس للعينة الاولى (0.224) عند تردد قدره (10.8)GHz وسمكها (2mm) اما العينة الثانية فكانت قيمة معامل الانعكاس لها بمقدار (0.093) عند تردد قدره (10.4)GHz وبنفس سمك العينة الاولى. [46]

وفي عام (2010) استخدم كاظم وآخرون تقنية الدليل الموجي Waveguide ذو النهاية الواحدة لدراسة فرايت(Cu<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) المحضر بالطريقة السيراميكية بأنها مادة ماصة للأشعة الرادارية (RAM) في النطاق الترددي (8-12)GHz. ووجدوا ان نسبة الزنك في الفرايت المحضر أي قيمة (x) لها اهمية كبيرة على كمية امتصاص المواد الفيراييتية للموجات الرادارية وبين ان افضل قيمة لنسبة الزنك هي 40% و 60% إذ تعد ذات افضل امتصاصية لفرايت السبلن المحضر. [47]

وفي عام (2011) قام مجموعة من الباحثين (Ingkong) وآخرون بدراسة الخواص المغناطيسية والامتصاصية للموجات الدقيقة للمطاط الطبيعي والمحشو بالمغناتيت (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) ذات التركيب النانوي إذ لاحظوا ان قيمة التشبع المغناطيسي (Ms) والتخلفية المغناطيسية (MR) والقابلية المغناطيسية (X<sub>i</sub>) والنفاذية المغناطيسية

الابتدائية ( $i\mu$ ) جميعها تزداد بزيادة نسب المغناتيت بأستثناء القوة القهرية (HC) التي تتناقص بزيادة نسبة المغناتيت  $Fe_3O_4$ . وكذلك يزداد ثابت العزل الحقيقي والخيالي وكذلك تزداد النفاذية المغناطيسية الخيالية بزيادة  $Fe_3O_4$  بينما تتناقص النفاذية المغناطيسية الحقيقية اما الامتصاصية فانها تزداد بأستمرار بزيادة نسبة المغناتيت وزيادة سمك النموذج إذ وجدوا ان معامل الانعكاس (RL) يساوي (-) 25dB عند التردد (12.65)GHz وعرض الحزمة عند القيمة التي يكون بها معامل الانعكاس اقل من (-10dB) هي 2.7GHz [48]

وفي عام (2011) قام الباحث (Lee) بدراسة امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية لطلاء المادة المركبة (فرايت- ايبوكسي) في المدى الترددي (8-12)GHz وتم الحصول على خسارة انعكاس بمقدار (-20dB) أي ان الامتصاصية كانت اكثر من (99%) للمركب المتكون من ايبوكسي  $Fe_3O_4$  النانوي. [49]

في عام (2011) اجرى الباحث (D.C.Kulkarni etal) على فرايت الباريوم السداسي التركيب ودراسة الامتصاصية له في المدى الترددي (8-12)GHz من خلال تكوين اغشية سميكة لهذا الفرايت ووجد ان خسارة الانعكاسية في المدى المذكور تعتمد على سمك الغشاء وان الامتصاصية لغشاء فرايت الباريوم السداسي وصلت بحدود (80%). [50]

وفي عام (2013) اجرى الباحثان جابر وهدي دراسة حول انتاج مواد ماصة لأشعة الرادار من مادة البولي اثيلين مستند على مطاط واعتمدوا على حساب النفاذية المحسوبة بطريقة اضطراب التجويف للحزمة الترددية (8-12)GHz لتصميم اربع طبقات من المواد الماصة لموجة الرادار وكان الهدف الرئيس لهذه الدراسة هي الموازنة بين اقل معامل انعكاس وسمك المركب الناتج وحصلوا على اقل معامل انعكاس وسمك المركب الناتج وحصلوا على فقدان طاقة انعكاس مقدارها (-) 12.2 في التردد [51]12GHz .

في عام (2014) قام الباحث (M.J.Chua) واخرون بدراسة قابلية توهين (ZnCu) للباريوم فرايت وتم استخدام طريقة سول - جيل في تحضير العينات وباستخدام



درجات حرارة مختلفة تقع بين  $C^{\circ}$  (900-1200) حيث تم الحصول على فقدان طاقة انعكاس  $RL < -10dB$  في المدى الترددي المحصور بين (3-10)GHz وبسمك نموذج مقداره 3.7mm لذلك توصلوا الى استنتاج ان هذا المركب الفيراييتي موهن جيد للموجات المايكروية. [52]

في عام (2014) قام الباحث ابراهيم بتحضير مركبات حديدية سيراميكية ذات بنى نانوية ( $BaxM1-x Fe12O19$  and  $CoxM1-xFe2O4$ ) لاستخدامها في توهين الموجات الراديوية والمايكروية وبين ان افضل قيمة لامتصاص الامواج المايكروية كانت للمركب  $BaxSr1-xFe12O14$  عند قيمة  $x=0.3$  إذ كانت قيمة الامتصاصية (91.32%) عند التردد 10GHz وبعرض حزمة نافذة 2GHz . [53]

في عام 2015 اجرى الباحث ناهض دراسة على بعض المركبات الفيراييتية واستخدم طريقة الترسيب الكيميائي في تحضير هذه المركبات وبين في دراسته إمكانية استخدام هذه المركبات الفيراييتية كاصوات للأشعة الكهرومغناطيسية او مشتته لها وذلك لامتلاكها عامل فقد عالي جداً. [54]

وفي عام 2015 قام الباحث رحيم عبد جبر بتحضر مادة مطاطية مركبة مدعومة بالفرايت

لتوهين موجات الرادار x-band لحماية الاهداف المدنية والعسكرية واستخدم طريقة الترسيب الكيميائي المشترك في تحضير المركبات الفيراييتية وهي (Mg-Ferrites) (Cu-Ferrites)

(Zn-Ferrites) واستخدمها كمادة ماصة للموجات الكهرومغناطيسية كمادة متراكبة مع مطاط NBR حيث حصل على امتصاصية عالية تصل الى 99% وبسمك 5mm. [55]

### 3-1 الهدف من الدراسة :

يهدف البحث الى تحضير مادة مركبة ذات أساس مطاطي من نوع SBR مدعومة بمادة فيرايتية

من نوع  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  لتوهين معامل الانعكاس للموجات الراديوية بسمك قليل عند تردد (8-12) GHZ لغرض طلاء الطائرات والاهداف العسكرية والمدنية لحمايتها من الرادار المعادي ومحاولة عدم اكتشافها بالرادار .

### 2-1 نظرة تاريخية عن تطور المواد الفرايتية :

يعتقد العلماء ان الاغريق هم من اكتشفوا المغناطيس في القرن 600 قبل الميلاد عن طريق اكتشافهم الحجر الطبيعي المسمى مغنتايت والذي رمزه هو  $(Fe_3O_4)$ . حيث تم العثور على هذا الحجر في مدينة مغنيسبيا في اسيا الصغرى التي يرجع اليها تسمية الحجر الطبيعي بالمغنتايت. وبعد ذلك بكثير تم استعمال الفرايت لأول مرة ففي القرن 1000 بعد الميلاد استعمله البحارة في البوصلات لتحديد الاتجاه[56].

وفي عام 1600 قام العالم وليام جلبرت (William Gilbert) بنشر اول تجارب عن المغناطيسية ووصف الارض بانها مغناطيس كبير في كتابه (DeMagent). وكانت اول دراسة منهجية توضح العلاقة بين الخواص المغناطيسية والتركيب الكيماوي لأنواع مختلفة من الفرايتات وقياس تمغنت الاشباع فضلاً عن حساب درجة حرارة كيوري [56].

وفي عام 1930 قام كل من كاتو (Kato) وتاكي (Taki) وسنوك (Snoek) باجراء تجاربهم على المواد الفرايتية الهشة في مختبرات فلبس للأبحاث في هولندا. [55] اثناء هذه المدة اكتشف بارث Barth وبوزتياك (Bosniak) الفرايتات المعكوسة وكذلك الفرايتات الاعتيادية. [56] وفي عام 1945 تم انتاج اول فرايت تجاري استعمل في مجال الاتصالات. [57] وتوالت بعد ذلك البحوث والدراسات على المواد الفرايتية وفي نهاية القرن العشرين نشر الباحث Sugimoto [28] بحثاً عن ما تم انجازه عن الفرايتات في الماضي والحاضر وقام بأعطاء نظرة مستقبلية للفرايت.

## 2-2 الفريتات (Ferrite) :

الفريتات (Ferrites) تُعد من المواد الفيرو مغناطيسية وقد لاقت هذه المواد رواجاً كبيراً في مختلف الصناعات الكهربائية لما تمتلكه هذه المواد من خواص كهربائية إذ تملك المواد الفريتية ثابت عزل عالياً يرافقه مقاومة عالية فضلاً عن انه يمكن عدها من المواد شبه الموصلة. ونظراً الى ماتملكه المواد الفريتية من مقاومة عالية مما جعل استخدامها في المجالات المغناطيسية المتغيرة وذلك لان خسارتها من التيارات الدوامة (Eddy currents) تكون قليلة جداً. ان الفريتات من المواد غير المعدنية يمكن انتاجها من خلط اوكسيد الحديدك ( $Fe_2O_4$ ) مع اوكسيد المنغنيز (MnO) او اوكسيد النيكل (NiO) وغيرها من الاكاسيد ويطلق على الفريتات اسماء مختلفة مثل فريت النيكل او فريت المنغنيز تبعاً للعنصر الثنائي التكافؤ الذي يدخل في تركيبها. [58]

## 3-2 انواع الفريت (Types of Ferrites) :

تنقسم الفريتات على ثلاثة انواع شائعة هي :

1. الهارد فريت hard ferrite

2. السبيل فريت : soft ferrite

3. الكارنايت Garnets

وتم تصنيف هذه الانواع اعتماداً على النسبة المولارية لـ ( $Fe_2O_3$ ) الى الاكاسيد الأخر يمتاز الهارد فريت بمغناطيسيته الدائمة اما الكارنايت فيمتاز بشفافيته البصرية لهذا تستعمل في التطبيقات المغنوبصرية بينما يمتلك السبيل فريت خواص فريدة مثل المقاومة العالية والخسارة المغناطيسية القليلة [64] ونظراً الى هذه الخواص تم استعمال فريت السبيل في هذا البحث .

وللفريتات أهمية نظراً الى تطبيقاتها المحتملة في مختلف المجالات وحتى بعد (6-8) عقود من الاستعمال الاول للفريتات في التطبيقات الصناعية . المهندسين والعلماء والتقنيين والباحثين لا زالوا مهتمين بإنتاج أنواع مختلفة من المواد الفريتية بواسطة تقنيات التحضير المختلفة على هيئة قوالب او أغشية رقيقة . ولدراسة خواصها التركيبية والمغناطيسية والكهربائية

## الفصل الثاني : الفرايتات والمواد الماصة للرادار.....

وغيرها من الخواص بأنها دالة للمكونات والاحلالات والتردد او درجة الحرارة وغيرها من العوامل وشروط التحضير [65].

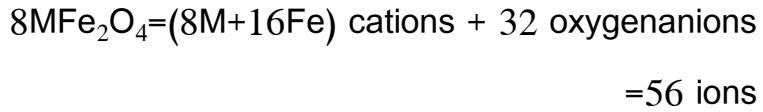
ان الصيغة العامة لفرايت السبيل  $AB_2O_4$  إذ A ايون ثنائي التكافؤ و B ايون معدني ثلاثي التكافؤ [63,64]

### 2-4 فرايت السبيل (Spinel Ferrite) :

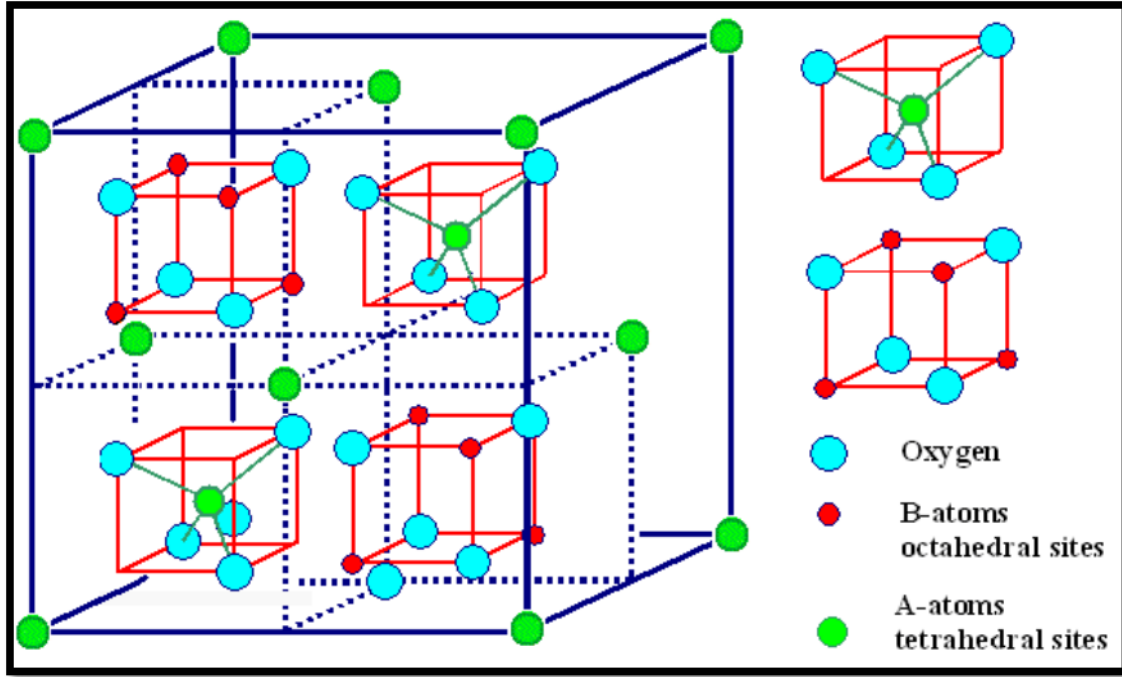
أن السبيل فرايت عبارة عن مزيج من الاكاسيد تأخذ الصيغة العامة  $AB_2O_4$  حيث A هو ايون معدني ثنائي التكافؤ و B هو ايون الحديد ثلاثي التكافؤ ( $Fe^{+3}$ ) ويشابه تركيب فرايت السبيل التركيب البلوري للسبيل الطبيعي  $MgAl_2O_4$  .

وبالتعويض عن قيمة A بأيون ثنائي التكافؤ ونرمز له بالرمز M حيث ( M=Mn, Co, ) وعن B بالحديد Fe. نحصل على صيغة الفرايت ( $MFe_2O$ ).

ان وحدة الخلية لفرايت السبيل تحتوي على 8 جزيئات



في الشبكة البلورية المثالية كما في الشكل (1-2) فان ايونات الاوكسجين السالبة ( $R_0 = 1.4A^0$ ) تترتب لتشكيل شبكة ذات تركيب متراس من نوع FCC أي شبكة مكعبة متمركزة الوجة وهناك نوعين من الفراغات بين ايونات الاوكسجين السالبة الاولى منسقة على شكل رباعي السطوح يطلق عليها المواقع (A) وتكون محاطة بأقرب 4 ذرات من ايونات الاوكسجين والثانية تكون منسقة بشكل ثماني السطوح ويطلق عليها المواقع (B) وتكون بشكل ثماني السطوح ويطلق عليها المواقع (B) وتكون محاطة بأقرب 6 من ايونات الاوكسجين المجاورة لها والشكل (1-2) يمثل المواقع البينية. ولذلك يوجد هناك 64 موقعاً للأيونات الثنائية التكافؤ في المواقع A و 32 موقعاً في المواقع (B) للحصول على توازن الشحنة للأيونات فان الفراغات البينية سوف تمتلئ جزئياً بالأيونات ثنائية التكافؤ ولذلك فان القياس المتكافئ في فرايت السبيل سوف يكون (8/64) في المواقع (A) أي مواقع رباعية السطوح و (32/16) في المواقع ثمانية السطوح من الايونات المعدن ثنائي التكافؤ وبهذا الاسلوب سيكون النظام باقل طاقة ممكنة.



الشكل (1-2) : يمثل وحدة الخلية الأساسية والمسافة البينية بين الذرات لفرايت السبنل [59]

ان توزيع الايونات ثنائية التكافؤ يتأثر بعدة عوامل مثل التركيب الكيميائي (مثل نصف القطر، ترتيب الالكترونات والطاقة الالكتروستاتيكية)، طريقة التحضير وشروط التحضير [59-62]

والشرط الواجب توفره لكي يتكون طور السبنل فرايت هو ان لا يزيد قطر الايون  $M^{+2}$  عن  $1A^\circ$  والسبب في ذلك انه في حالة كون قطر الايون الثنائي الموجب اكبر من  $1A^\circ$  فان قوى كولوم في هذه الحالة تكون غير كافية للحصول على الاستقرار البلوري وبسبب ذلك نجد انه لا نستطيع الحصول على تركيب السبنل في ايونات الكالسيوم الثنائية  $Ca^{+2}$  لان نصف قطره  $1.05A^\circ$ . [63]

الجدول (1-2) : يمثل انصاف اقطار بعض ايونات ثنائية التكافؤ

العنصر	$A^\circ$ نصف القطر بالانكستروم
Mg	0.65
Cu	0.70
Zn	0.74
Co	0.78
Fe	0.80
Mn	0.83
Ni	0.91
Ca	1.05
Sr	1.18
Ba	1.38

5-2 أنواع فرايت السبيل (Type of Spinel) :

### 1 - المغزلي الاعتيادي Normal spinal

إذ تشغل كل أيونات ( $A^{2+}$ ) مواقع رباعي السطوح بينما تشغل أيونات ( $B^{3+}$ ) مواقع ثماني السطوح كما في الصيغة ( $[A^{2+}]_{tetra} [B^{3+}]_{octa} O_4^{2-}$ ) مثل المركبين ( $MgFe_2O_4$ ) و ( $ZnFe_2O_4$ ) [66].

### 2- المغزلي المعكوس Inverse spina

وفيه تشغل كل أيونات ( $A^{2+}$ ) مواقع ثماني السطوح بينما تتوزع الأيونات ( $B^{3+}$ ) بالتساوي بين مواقع رباعي و ثماني السطوح مثل المركبين ( $CoFe_2O_4$ ) و ( $NiFe_2O_4$ ) و يمكن كتابة التوزيع الكيميائي كما يأتي :- ( $[A^{2+} B^{3+}]_{octa} O_4^{2-}$ ) tetra [67,68].

### 3 - المغزلي العشوائي Random spinal

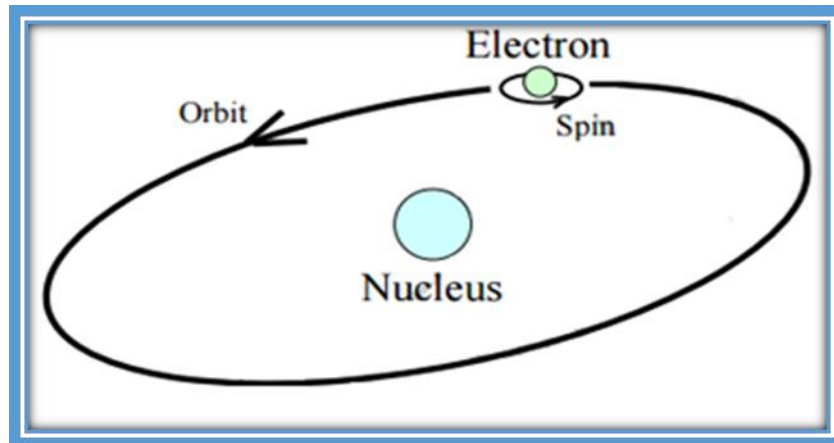
في هذه المركبات تتوزع ايونات ( $A^{2+}$ ) بين مواقع ثماني و رباعي السطوح مثل فرايت المنغنيز ( $Mn Fe_2O_4$ ) فبدلاً من ان تكون جميع ايونات  $Mn^{2+}$  في مواقع رباعي السطوح فان جزءاً منها مقداره (0.8) يحتل مواقع رباعي السطوح و الجزء المتبقي (0.2) يحتل مواقع ثمانية السطوح [69].

### 2-6 العزم المغناطيسي (Magnetic Moment) :

إن أصل المغناطيسية هو الكهرباء وتنشئ من حركة الإلكترونات حول النواة وحول نفسها فيتولد العزم المغناطيسي (Magnetic Moment) ، وهناك نوعان من الحركة للإلكترونات:-

1- حركة مدارية (Orbital) حول النواة : هي أن دوران الإلكترون حول النواة سوف ينتج منه أيضاً عزم مغناطيسي تماماً كما يفعل التيار الكهربائي المناسب خلال حلقة دائرية، وهذا يؤدي الى نشوء ثنائي قطب مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوى الحلقة ، فاحد الجوانب يكون قطب شمالي والجانب الاخر يكون قطب جنوبي ولا يمكن ان يتواجد قطب شمالي من دون قطب جنوبي.

2- حركة مغزلية (Spin) حول نفسه : هي أن كل إلكترون يعد مغناطيسياً في حد ذاته. حيث ان الإلكترون يعد كرة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة تدور حول محورها ، ومن المعروف من وجهة نظرية الميكانيكا الكلاسيكية أن دوران مثل هذه الشحنة ينتج عنها عزم مغناطيسي كما هو موضح بالشكل رقم (2-2) . ومن هنا نجد ان الخواص المغناطيسية لأي ذرة أو أيون ما هي إلا محصلة لهاتين الحركتين، أي إلى العزم المغزلي والعزم المداري للإلكترون . و ان تأثير الحركة المدارية تكون ثانوية ، لذا فإن الحركة المغزلية لوحدها يمكن أن تفسر الخصائص المغناطيسية للمواد المختلفة [32,33] .





الشكل (2-2) نموذج لحركة الإلكترون حول النواة [32].

وينشأ المجال المغناطيسي بوساطة الشحنات الكهربائية المتحركة ويعد العلماء أمبير، بايوت، سافارت وأورستد من الأوائل الذين اكتشفوا ان الموصلات التي يسري خلالها التيار تنتج مجالاً مغناطيسياً وتأثر احدهما على الاخرى بوساطة قوة لورنز.

تعرف قوة لورنز حسب المعادلة التالية:

$$\vec{F} = q[\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}] \quad (2-1)$$

إذ إن  $\vec{v}$  هي سرعة الشحنة  $q$  المتحركة في مجال مغناطيسي ( $\vec{B}$ ) ومجال كهربائي  $\vec{E}$  ان الخصائص المغناطيسية تنشأ في المواد نتيجة لحركة الإلكترون حول نفسه وحول نواة الذرة وتبعاً لذلك يتولد عزم مغناطيسي لكل ذرة من ذرات المادة يكون مساوياً لمجموع العزوم المغناطيسية لإلكتروناتها وتعتمد قيمته على عدد الألكترونات المفردة في المادة [70].

ان العلاقة بين العزم المغناطيسي للدايبول ( $\mu$ ) والعزم الزاوي ( $L$ ) لجسم متحرك كتلته  $m$

تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\mu = \gamma L \quad (2-2)$$

إذ  $\gamma$  تسمى بالنسبة الجايرومغناطيسية ومن ذلك نجد أن وحدة العزم المغناطيسي مترابطة مع الوحدات الكمية للعزم المغناطيسي، والتي تم بها قياس الزخم الإلكتروني أو المداري للإلكترون. وتسمى هذه الوحدة بمغناطيس بور Bohr magneton .

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m} = 9.274 \times 10^{-24} \text{ Am}^2 \quad (2-3)$$

يرتبط المجال المغناطيسي أو كثافة الفيض المغناطيسي  $\vec{B}$  بشدة المجال المغناطيسي أو

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

قوة المجال المغناطيسي  $\vec{H}$  في الأوساط الخطية والمتجانسة بالعلاقة الآتية:  $\mu$  هي النفاذية المغناطيسية للوسط . وفي حالة الفراغ تصبح المعادلة:

$$\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H} \quad (2-4)$$

حيث  $4\pi \times 10^{-7} \text{ H/M}$  هي النفاذية المغناطيسية للفراغ وتساوي  $\mu_0$

و  $\vec{B}_0$  كثافة الفيض المغناطيسي خلال الفراغ.

إن المتغيرات المغناطيسية للأجسام الصلبة يمكن أن تحدد بمتغير واحد من هذه المتغيرات وهي النسبة بين النفاذية المغناطيسية للمادة الى النفاذية المغناطيسية في الفراغ

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2-5)$$

حيث  $\mu_r$  النفاذية المغناطيسية النسبية

وأيضاً يمكن استعمال كمية التمغنط  $\vec{M}$  وهو النسبة بين العزم المغناطيسي الى وحدة الحجم ويعرف بالعلاقة الآتية :

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M} \quad (2-6)$$

ان قيمة المغناطيسية ترتبط بالمجال المسلط حسب المعادلة الآتية:-

$$\vec{\mu} = \chi_m \vec{H} \quad (2-7)$$

إذ  $\chi_m$  تدعى بالقابلية المغناطيسية التي بدورها ترتبط بالنفاذية المغناطيسية بالمعادلة

الآتية:

$$\chi_m = \mu_r - 1 \quad (2-8)$$

### 7-2 تصنيف المواد المغناطيسية :

تنتج الإلكترونات في المواد الصلبة مجالات مغناطيسية بسبب حركتها المدارية أو المغزلية إذ إنها تمتلك عزم ثنائي قطب مغناطيسي ذاتي intrinsic magnetic dipole moment وقد وجد عملياً إن المجالات المغناطيسية المنتجة بواسطة الانوية تكون اصغر بكثير من المجالات المنتجة بواسطة الإلكترونات [35]. كما إن التأثيرات المتبادلة بين ذرات المادة الصلبة تمنع إعادة توجه مدارات الإلكترونات في حال وجود مجال مغناطيسي مسلط وعليه فهذا التأثير صغير ومهمل . لذلك فالعزم المغناطيسي الناتج عن برم الإلكترونات هو المسؤول بالأساس عن التأثيرات المغناطيسية في المواد . و تصنف المواد المغناطيسية طبقاً لخواصها المغناطيسية أي إلى قيمة واثارة المتأثرية المغناطيسية ( $\chi$ ) (Magnetic Susceptibility) وإلى نفاذيتها المغناطيسية ( $\mu$ ) (Magnetic Permeability) ويمكن تقسيمها على ما يأتي: [36]

#### 1- المواد الدايمغناطيسية The Diamagnetic materials

ان الذرات او الايونات التي تمتلك مدارات الكترونية خارجية مغلقة (مشبعة) يكون صافي عزمها المغناطيسي صفراً ، اذ ان العزم المغناطيسي للإلكترونات الخارجية يكون احدهما معاكس الاتجاه الاخر ضمن المزدوج الالكتروني ، و لكن الالكترونين يحدثان عزماً معاكساً لاتجاه المجال المغناطيسي الخارجي المسلط على الذرة التي تمتلك بالمحصلة عزماً سالباً ، لذلك

تكون المتأثرية المغناطيسية لهذه المواد سالبة ومن امثلة هذه المواد ملح الطعام NaCl و MgO و Bi . [37,34]

### 2- المواد البارامغناطيسية The paramagnetic materials

ان الذرات او الجزيئات او ايونات المواد التي تمتلك مدارات (اغلفة) خارجية غير مشبعة تبدي صفة البارامغناطيسية بإظهارها نوعاً من التوجيه (الترصيف) ، وعليه فهي تمتلك عزماً مغناطيسياً دائماً ينتج عن الجمع الاتجاهي للعزوم المغزلية للإلكترونات . وتكون هذه العزوم عشوائية الاتجاه ومحصلتها صفراً عند غياب المجال المغناطيسي المسلط . وان درجة التوجيه للعزوم المغناطيسية للمواد البارامغناطيسية يعتمد على قوة المجال المغناطيسي الخارجي المسلط وعلى درجة الحرارة حيث يظهر هذا السلوك للمواد عند الدرجات الحرارية الاعلى من درجة حرارة كوري ، كما ان البرم الكلي للمواد البارامغناطيسية لا يساوي صفراً ، وان المتأثرية المغناطيسية لهذه المواد تكون موجبة واقل من الواحد بكثير ( $\chi \ll 1$ ) ، واما نفاذيتها فهي اكبر من الواحد بقليل ويزول هذا السلوك بزوال المجال المسلط . ومن امثله المواد البارامغناطيسية املاح العناصر الانتقالية مثل كلوريدات و كبريتات و كربونات الكروم و الحديد و الكوبالت و املاح و اوكاسيد العناصر النادرة مثل الديسپروزيوم . [71,72]

### 3- المواد الفيرومغناطيسية The Ferromagnetic Materials

ان التوجيه العالي للعزوم المغناطيسية المنفردة للذرات او الايونات لتأخذ ترتيباً متوازياً يؤدي الى امتلاك هذا النوع من المواد عزماً مغناطيسياً دائماً كبيراً حتى في غياب المجال الخارجي المسلط ، و تكون النفاذية المغناطيسية النسبية و المتأثرية المغناطيسية لهذه المواد عالية جداً . وتتأثر المواد الفيرومغناطيسية بدرجة الحرارة فهي تتحول الى مادة بارامغناطيسية عند زيادة درجة الحرارة عن حد درجة حرارة كوري ( $T_c$ ) (Curie Temperature) وهي الدرجة الحرارية التي تتغلب فيها طاقة التهيح الحراري على قوى التبادل الكمي ( Quantum interaction forces ) بين ذرات المادة التي تعمل على توجيه و ترصيف العزوم المغناطيسية و تختلف درجة كوري من مادة الى اخرى. [73]

و ان العزوم المغناطيسية لبعض الذرات والايونات المتجاورة يؤثر احدهما على الاخر، وقد وجد مجموعة من الذرات او الايونات تمتلك طاقة اقل فيما لو اتجهت عزومها المغناطيسية بصورة ان هذا النوع من الذرات و الايونات يكون نوعاً اخر من المواد الفيرومغناطيسية ويطلق عليه ضد الفيرومغناطيسية (Anti-Ferromagnetic) وبهذا فان العزم الكلي للمادة يكون

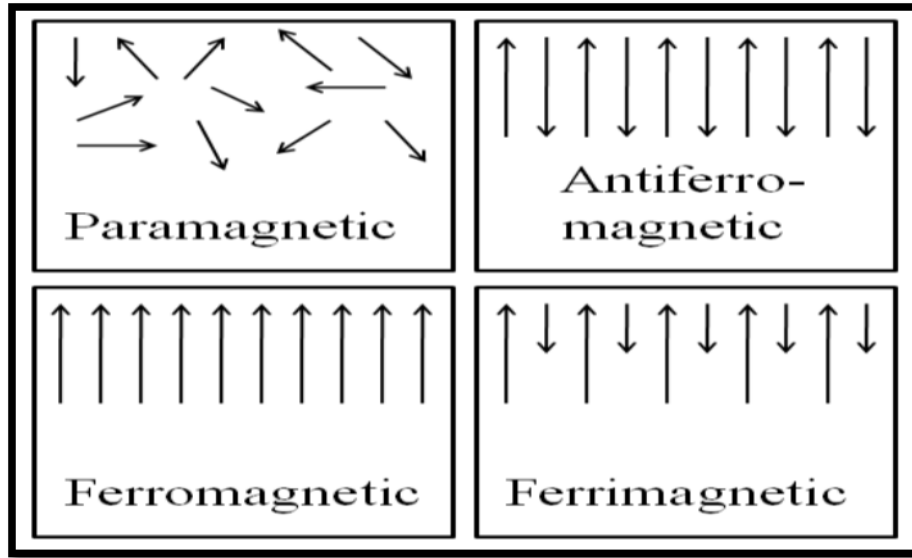
صفرا ايضا .ولهذا النوع من المواد المغناطيسية صفة مهمة وهي اعتماد متأثرية المواد على درجة الحرارة بصورة كبيرة . ففي درجات الحرارة الواطئة تكون متأثرية هذه المواد عالية وتزداد بزيادة درجة الحرارة الى ان تصل الى درجة معينة يطلق عليها درجة حرارة نيل ( $T_N$ ) (Neel Temperature) بعدها تبدأ متأثرية هذه المواد بالتناقص وتتحول المادة من ضديد الفيرومغناطيسية الى بارامغناطيسية .

وهناك حالة خاصة في مواد ضديد الفيرومغناطيسية وهي عندما تكون العزوم المغناطيسية للذرات او الايونات باتجاهات متعاكسة ولكنها غير متساوية في القيمة . في هذا النوع من المواد لن تكون محصلة الشدة المغناطيسية صفرا ويطلق على هذا النوع بالمواد الفيريمغناطيسية (Ferromagnetic). [34].

### المواد الفيريمغناطيسية The Ferromagnetic Materials

ان هذه المواد تمتلك عزما مغناطيسيا تلقائيا (spontaneous magnetic moment) ويكون هنالك صفان من العزوم المغناطيسية المتعاكسة في الاتجاه ولكنها غير متساوية في المقدار, وهذا يوضح امتلاك المواد الفيريمغناطيسية مغناطيسية ذاتية حتى في عدم وجود مجال مغناطيسي خارجي, وان تسليط مجال مغناطيسي خارجي عليها سوف يسبب تغيرا كبيرا في تمغنت هذه المواد [38] . وتظهر مواد هذا النوع نفاذية مغناطيسية نسبية ( $\mu_r$ ) ومتأثرية مغناطيسية ( $\chi$ ) عاليتين, لكنها اقل من المواد الفيرومغناطيسية التي تتجه جميع عزومها البرمية في منطقه النفوذ باتجاه واحد. كما ان المقاومة النوعية للمواد الفيريمغناطيسية عالية جدا قياسا بالمواد الفيرومغناطيسية التي تعد من المواد جيدة التوصيل الكهربائي والحراري .

ان الصيغة الكيميائية العامة للمواد الفيريمغناطيسية هي ( $MQ_2X_4$ ) حيث يمثل الحرف ( $X$ ) جزيئة لا مغناطيسية مثل الاوكسجين او الكبريت او السليسيوم , وان الحرف ( $Q$ ) يمثل جزيئة ثلاثية التكافؤ مثل المنغنيز او الحديد او الالمنيوم او الكالسيوم. اما الحرف ( $M$ ) فيمثل اي معدن ثنائي التكافؤ مثل الحديد او الكوبلت او النيكل او النحاس او المغنيسيوم او اي مزيج منها , وهذا يعني بصورة عامة ان  $Q, M$  هي الجزيئات المغناطيسية للمادة الفيريمغناطيسية [73] .



الشكل (2-3) : يبين المواد حسب البارامغناطيسية وصدية المغناطيسية والفيرومغناطيسية والفرمغناطيسية [73]

## 8-2 المنحنيات المغناطيسية وحلقة الهسترة المغناطيسية ( Hysteresis Loop Curve and Magnetization ) :

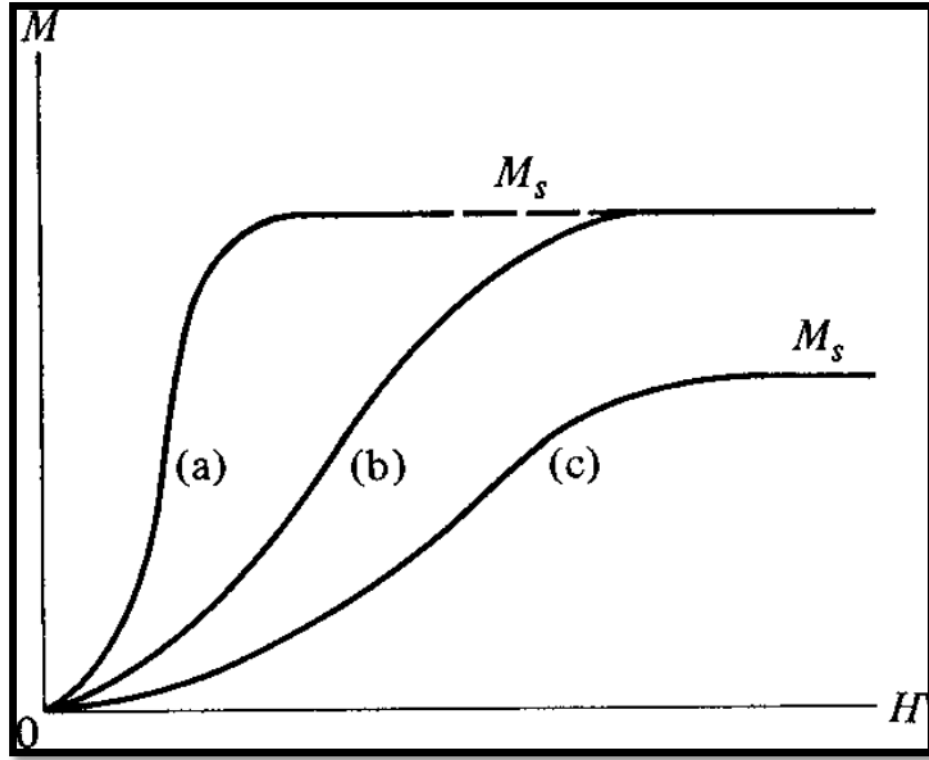
إن المواد المغناطيسية المناسبة لبعض التطبيقات ، تعرف مبدئياً من صفاتها التي تحدد من منحنيات هسترتها . لذلك فإن المواد المناسبة لتطبيقات المحولة يجب أن تكون عالية النفوذية وذات حلقة فقد هسترة واطئة ( Low hysteresis losses ) ، وذلك بسبب الحاجة لمعامل تحويل الطاقة الكهربائية ، أما المواد المستخدمة في التطبيقات الكهرومغناطيسية فيجب أن تكون واطئة الدفع المغناطيسي (Mr) وواطئة القسرية لكي تضمن انخفاض التمغنط إلى الصفر وتسمى تلك المواد بالمواد المرنة ، أما بالنسبة لمواد المغناط المستمرة فإنها تحتاج إلى دفع مغناطيسي وقسرية عاليتين لكي تستطيع أن تحتفظ بالتمغنط وتسمى تلك المواد مواد صلدة موضحة في الشكل (2-3(a)).

ان مغناطيسية الاشباع في بعض المواد تكون لها بصورة عامة قيم مختلفة لـ ( $M_s$ ) التي تمثل مغناطيسية التشبع التي تحتاج الى مجالات مغناطيسية عالية جداً للوصول الى نقطة التشبع وكما موضح في الشكل (2-4) (c). ويطلق على هذه المواد بمواد الـ (Hard Ferrite) وفي بعض الاحيان يكون لنفس المادة حالة (Magnetically Soft) او (Hard Ferrite) حيث يعتمد ذلك على الشرط الفيزيائي للمادة من حيث درجة حرارتها حيث يتحول المنحني (a) في الشكل (2-3) الذي يمثل مادة ملدنة حرارياً بصورة جيدة الى المنحني b الذي يمثل المادة في درجة حرارة واطئة جداً . ويمثل الشكل (2-5) منحنيات المغناطيسية بدلالة M الذي يمثل المغناطيسية و H الذي يمثل شدة المجال المغناطيسي حيث نلاحظ من الشكل ان قيمة M تبقى ثابتة عند الوصول الى حالة التشبع يستمر B بالزيادة مع زيادة المجال المغناطيسي لأن H يكون جزء من تكون B حسب العلاقة  $B = H + 4\pi M$  وان ميل هذه المعادلة  $\frac{dB}{dH}$  يكون مساوي الى 1 بعد النقطة  $B_s$  التي تدعى بمحطة الاشباع وعلى اية حال فان ميل هذا الخط لا يكون مساوي الى 1 لأن H و B تكون مختلفة تماماً بالتدرجات.

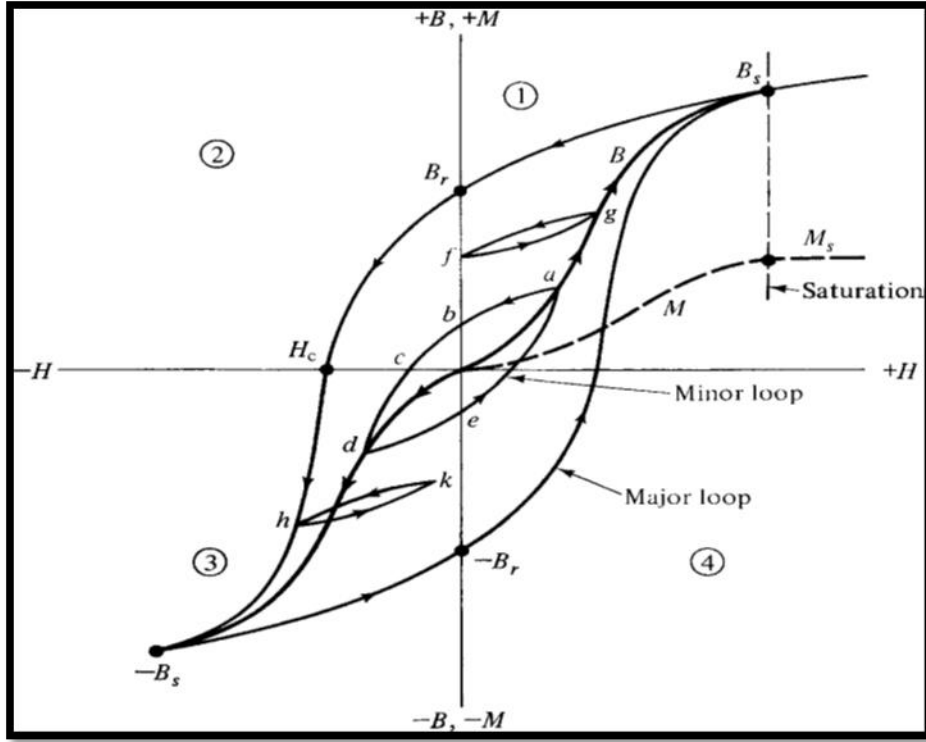
وبزيادة قيمة H بعد حالة الاشباع فان ذلك يؤدي الى ان قيمة  $\mu_r$  تقترب من الواحد عندما تقترب قيمة H من عدم المحدودية ، ان المنحني بين B و H من حالة الدايا مغناطيسية الى نقطة الاشباع يدعى بالتمغنط الطبيعي او الحث الطبيعي والان اذا خفضت قيمة H الى الصفر بعد الوصول الى حالة الاشباع بالاتجاه الموجب فان قيمة B سوف تنخفض من قيمة  $B_s$  الى  $B_r$  وهو ما يدعى بالحثية المتبقية. وفي عكس اتجاه المجال المغناطيسي المسلط عن طريق عكس اتجاه التيار فان قيمة B سوف تصل الى الصفر عندما تكون قيمة H مساوية الى  $H_c$  وهو ما يدعى بالمجال القهري عند هذه النقطة فان قيمة M تبقى موجبة وتكون مساوية الى  $H_c$  واذا استمرت الزيادة بقيمة  $H_c$  نصل الى نقطة اشباع جديدة وعندها تكون B مساوية الى  $-B_s$ .

واذا استمرينا بخفض المجال المغناطيسي الى الصفر وسلط بالاتجاه الاصلي فان قيم الحث المغناطيسي تتبع المنحني  $-B_s$  ،  $-B_r$  ،  $+B_s$  وتدعى الحلقة المرسومة بحلقة الهستيرة المغناطيسية الرئيسية من خلال الشكل (2-5) فان (a b c d e a) يمثل حلقة الهستيرة الصغيرة حيث تدعى النقطة (b) بالتخلفية والنقطة c بالمجال القهري وهناك اعداد لا نهائية من حلقات

الهسترة الثانوية المتناظرة داخل الحلقة الرئيسية وكذلك اعداد لامتناهية من الحلقات المغناطيسية  
الثانوية غير المتناظرة مثل hk و hg. [25]



الشكل (2-4) : يمثل المنحنيات المغناطيسية لمواد مختلفة [73]



الشكل (2-5) : المنحنيات المغناطيسية وحلقات الهستيرة المغناطيسية [73]

## 9-2 عزم التشبع المغناطيسي في الفريتات ( Saturation Magnetization ) (in Ferrite)

أن الإشباع المغناطيسي يعتمد على مقدار العزوم المغناطيسية الذرية  $m$  وعلى عدد الذرات خلال وحدة الحجم  $n$ .

$$M_s = nm$$

حيث أن  $M_s$  تعتمد على المواد الموجودة في النموذج وهي ليست حساسة للتركيب

ويمكن حساب عزم التشبع المغناطيسي للفريت عند الصفر المطلق من خلال معرفة:

- أ- توزيع الأيونات على المواقع A, B.
- ب- التفاعل المتبادل بين المواقع A والمواقع B هي سالبة فمثلاً في فريت النيكل الذي يتميز بالتوزيع المعكوس حيث تشغل أيونات  $(Ni^{2+})$  النيكل المواقع (B) في حين تتوزع أيونات الحديد ثلاثية التكافؤ  $(Fe^{3+})$  بين المواقع A, B وبشكل متساوي وبذلك يهمل العزم



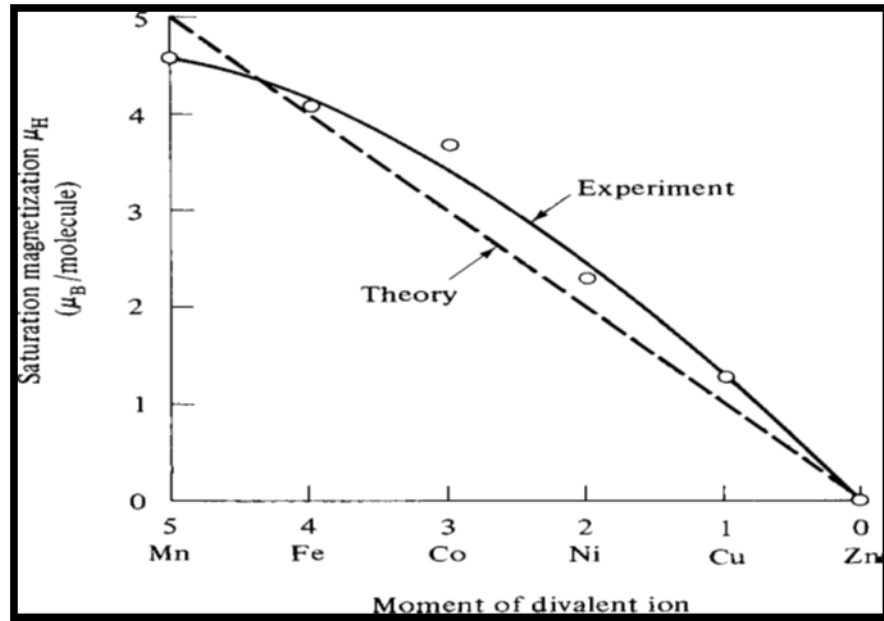
## الفصل الثاني : الفرايتات والمواد الماصة للرادار.....

المغناطيسي الناشئ على ايونات الحديد والعزم المغناطيسي الناشئ في هذه الحالة هو الناشئ عن ايونات النيكل ثنائية التكافؤ ( $Ni^{+2}$ ) وهو يساوي ( $2\mu_B$ ) ومن ذلك نستنتج أن عزم التشبع المغناطيسي  $\mu_s$  في حالة التوزيع المعكوس هو فقط العزم المغناطيسي الناشئ من الايونات الثنائية التكافؤ.

والجدول الآتي يوضح العزوم المغناطيسية الملاحظة والمحسوبة عملياً لأنواع فرايتات للسنبيل والشكل (2-5) يوضح العلاقة بين العزوم المحسوبة والملاحظة للعناصر ثنائية التكافؤ:

الجدول (2-2) : يبين العزوم المحسوبة والمقاسة لعناصر ثنائية التكافؤ [74]

Ferrite	$M_n$	$F_e$	Co	Ni	Cu	Zn
Calculated $\mu_s$	5	4	3	2	1	0
Measured $\mu_s$	4.6	4.1	3.7	2.3	1.3	0



الشكل (2-6) : يوضح العلاقة بين العزوم المحسوبة والمقاسة للعناصر ثنائية التكافؤ [74]

ومن خلال الشكل في اعلاه نلاحظ أن الفرق بين النتائج النظرية والعملية قد يرجع الى أحد أو كلا السببين الآتيتين:

1. العزم المداري قد لا يكون صافي تماماً. فقد يكون هناك عزم مداري آخر غير محسوب في الحسابات النظرية فضلاً عن برم الألكترون.

2. التركيب قد لا يكون معكوس كلياً إذ إن درجة الانعكاس يمكن أن تتغير بالمعالجة الحرارية ويصبح عزم التشبع المغناطيسي حساس للتركيب.

## 2-10 الرنين الفيرومغناطيسي (Ferri magnetic Resonance (FMR))

بطريقة الرنين الفيرومغناطيسي يمكن استنتاج أكثر المعلومات المهمة للمواد الفيرومغناطيسية حيث يمكن رسم منحنى الأمتصاصية للرنين الفيرومغناطيسي بالاعتماد على المعادلة الآتية:

$$g = \frac{h\nu}{M_B H} \dots \dots \dots 9$$

إذ  $g$  تدعى قيمة (لاندا) وقيمتها للإلكترون الحر تساوي 2.0023193 وللبروتون ( $g_B=2.7896$ ) ومن خلال تغير التردد أو المجال المغناطيسي يمكن حساب الرنين الفيرومغناطيسي.

في المواد الفيرومغناطيسية يستعاض عن العزم الإلكتروني لمجموعة الإلكترونات غير المتفاعلة بمتجه التمغنط  $\mu$  نجد عزم الدوران يمكن كتابته بالصيغة التالية:

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}_0$$

ونلاحظ ظاهرة الرنين في المواد الفيرومغناطيسية في مدى الترددات المايكروية عندما يسלט مجال مغناطيسي منتظم مقداره ( $B_0$ ) وتنتقل خلالها موجة ذات تردد عالي إذ يتعامل هذا النظام كلاسيكياً بأنه زخم كبير جداً. نفترض أن المغناطيسية للنموذج تبقى منتظمة وبغياب عوامل التخمين فان معادلة الحركة يمكن كتابتها بالصورة الآتية [7].

$$\frac{d\mu}{dt} = \gamma(\mu \times B_0) \dots \dots \dots (2-10)$$

## 2-11 الخواص الكهربائية لفرايت السبنل (Electrical Properties of )

: (Spinel)

تعد فرايتات السبنل أكثر اهمية من بقية المواد المغناطيسية الشائعة بسبب استعمالاتها الواسعة في مختلف التطبيقات. تمتلك فرايتات السبنل توصيلة كهربائية واطئة مقارنة ببقية المواد المغناطيسية ولذلك فهي تستخدم بصورة واسعة في مجالات الترددات المايكروية. وبصورة عامة يعد فرايت السبنل من المواد شبه الموصلة حيث أن توصيلته الكهربائية تقع بين  $\Omega^{-1}.cm^{-1}$

( $10^2-10^{-11}$ ) تنشأ التوصيلية الكهربائية في فرايت السبيل بسبب وجود ايون الحديد ثنائي التكافؤ  $Fe^{+2}$  وكذلك لوجود الأيون المعدني ( $M^{+3}$ ) ثلاثي التكافؤ. وان وجود  $Fe^{+2}$  يجعل السبيل يتصرف بأنه وصلة ( $n-type$ ) اما وجود ايون المعدن ( $M^{+3}$ ) يجعله يتصرف كوصلة شبة موصلة ( $p-type$ ) وكذلك تنشأ التوصيلية بسبب الحركة للألكترونات الاضافية أو لزيادة الفجوات الموجبة خلال الشبكة البلورية. وتوصف هذه الحركة بواسطة ميكانيكية التقل التي فيها تنتقل حاملات الشحنة من موقع ايوني الى اخر. [8]

وفي مثل هذه العمليات فإن الحركة للألكترون أو الفجوات تتناسب مع  $kte^{-Ep}$

إذا k ثابت بولتزمان

T درجة الحرارة المطلقة

$E_p$  طاقة التنشيط

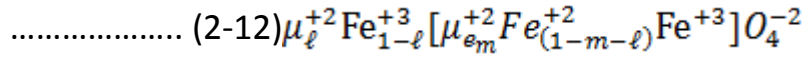
ونظراً إلى كون هذه المواد من اشباه الموصلات فان مقاومتها سوف تزداد مع زيادة

درجة الحرارة وفقاً للمعادلة التالية [9]

$$\rho = \rho_o \exp(Ep/KT) \quad (2-11)$$

إن الخواص الكهربائية للفرايتات تعتمد على انتقال الشحنة في المواقع B. وللفرايت الغني

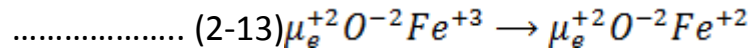
بالحديد يمكن كتابة الصيغة الأيونية



إن تركيز ايونات التوصيل هي  $N_o (1-m-\ell)$  إذ  $N_o$  هو عدد افكادرو وهذه

الإلكترونات تتوزع في الحزمة التي تتألف من مستويات  $N_o$ .

اما في حالة النوع البسيط في الفرايتات يمكن تمثيل الصيغة الأيونية بالشكل الآتي:



وهنا يجب أن تعكس طاقة التنشيط الفرق بين جهد الثلاثي  $Fe^{+3}$  و  $\mu_e^{+2}$  في حالته

الصلبة. [75]

ان طاقة التنشيط هي الطاقة اللازمة لعملية قفز الالكترون وان العلاقة البيانية بين  $1/T$  و  $\ln \rho$

هي علاقة خطية في بعض الحالات ولكن عادة ما تأخذ شكل منحنى وكذلك وجد ان قيمة طاقة

التنشيط تقع بين (0.1-0.5)eV المواد التي تملك مقاومة عالية عند درجة حرارة الغرفة وجد

انها تملك طاقة تنشيط عالية .

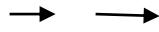
### العلاقة بين التردد والخواص الكهربائية :

لأغلب المواد الصلبة وجد هنالك فصل واضح بين الشحنات الموجبة والسالبة وليس هناك عزم صافي لثنائي القطب. ترتيب الجزيئات في المواد الصلبة بنفس الطريقة لوحدة الخلية للبلورة التي لا تملك عزم ثنائي قطب.

إذا وضعنا جسماً صلباً في مجال كهربائي فسوف يتولد في داخل هذه المادة مجال يعاكس المجال الكهربائي المسلط وهذا المجال ينشأ في مصدرين الأول هو تشويه الكترولون الذرة أو الجزيئة والثاني هو بسبب حركة الذرات نفسها.

ان معدل عزم ثنائي القطب لوحدة الحجم ينتج في المواد الصلبة وينشأ مع شدة المجال

المسلط وفقاً للمعادلة التالية:[76]



$$P = \alpha E \quad (2-1) \dots\dots\dots 4$$

إذ  $P$  هو عزم ثنائي القطب الذي ينتج بسبب المجال الكهربائي الداخلي.

$\alpha$  تمثل الاستقطاب ويمكن ان تشارك بها اربع كميات ويمكن كتابتها بالصورة الآتية :

$$\alpha = \alpha_e + \alpha_i + \alpha_d + \alpha_s \quad (2-1) \dots\dots\dots 5$$

حيث

$\alpha_e$  الاستقطابية الكهربائية

$\alpha_i$  الأستقطاب الأيوني

$\alpha_d$  الأستقطاب الدايبولي

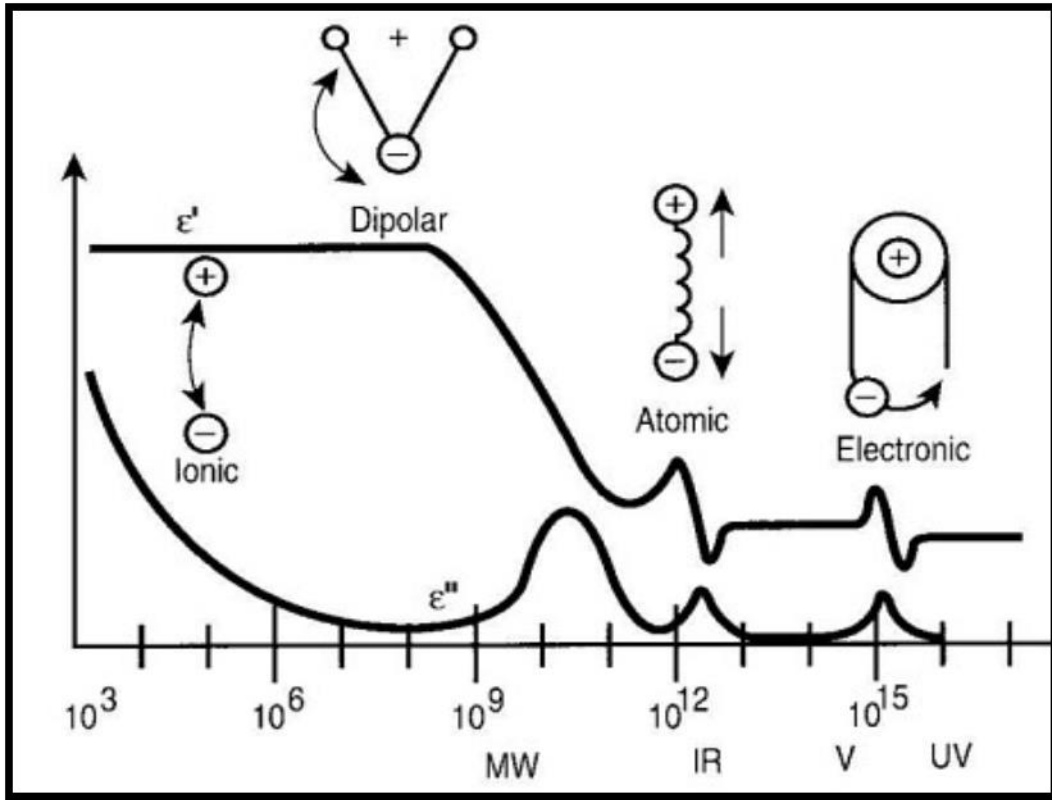
$\alpha_s$  استقطابية شحنة الفراغ

إذ يحدث الاستقطاب الكهربائي بسبب الإزاحة الحقيقية في النوى سالبة الشحنة ويحدث في المواد الصلبة جميعها، اما الاستقطاب الأيوني فيحدث بسبب الإزاحة النسبية القليلة جداً بين الأنيونات والكاتيونات وهو المصدر الرئيس للاستقطاب في البلورات الأيونية أما الاستقطاب الدايبولي يظهر في المواد التي يوجد فيها ثنائي قطب كهربائي دائم والذي يقوم بتغيير اتجاهه مع المجال الكهربائي المسلط ويتجه بمحاذاة المجال المسلط.

واخيراً أن الاستقطاب الناشء عن شحنة الفراغ يحدث في المواد التي تكون ليست عازلة بصورة مثالية [76,77] في الترددات الواطئة ( $10^{-3}$  Hz) ترددات الموجات الصوتية الاستقطابات

جميعها تكون موجودة عند الترددات الراديوية يكون الاستقطاب الناشئ بسبب شحنة الفراغ خارج الحسابات لعدم حصولها على الوقت الكافي لبناء نفسها في معظم المواد الموصلة الأيونية أما في الترددات المايكروية ( $\sim 10^9 \text{Hz}$ ) يكون استقطاب ثنائي القطب غير موجود لانه لا يملك الوقت الكافي لاعادة تدوير نفسه اما في الترددات الاعلى الاشعة الحمراء ( $\sim 10^{12} \text{HZ}$ ) فيختفي الاستقطاب الأيوني ويبقى الاستقطاب الألكتروني والذي نلاحظه في الأشعة فوق البنفسجية بينما يختفي في الأشعة السينية. [78]

إن السماحية للمواد العازلة تتكون من جزئين حقيقي وخيالي. الجزء الخيالي يشير الى خسارة الطاقة في الإشارة المارة خلال المادة العازلة والجزء الحقيقي ويدعى ايضاً بثبات العزل . وهي تشرح العلاقة بين سرعة الإشارة النافذة وسعة المادة العازلة . والشكل (2-7) يوضح الأنواع المختلفة من الاستقطاب لمواد قليلة المسامية .



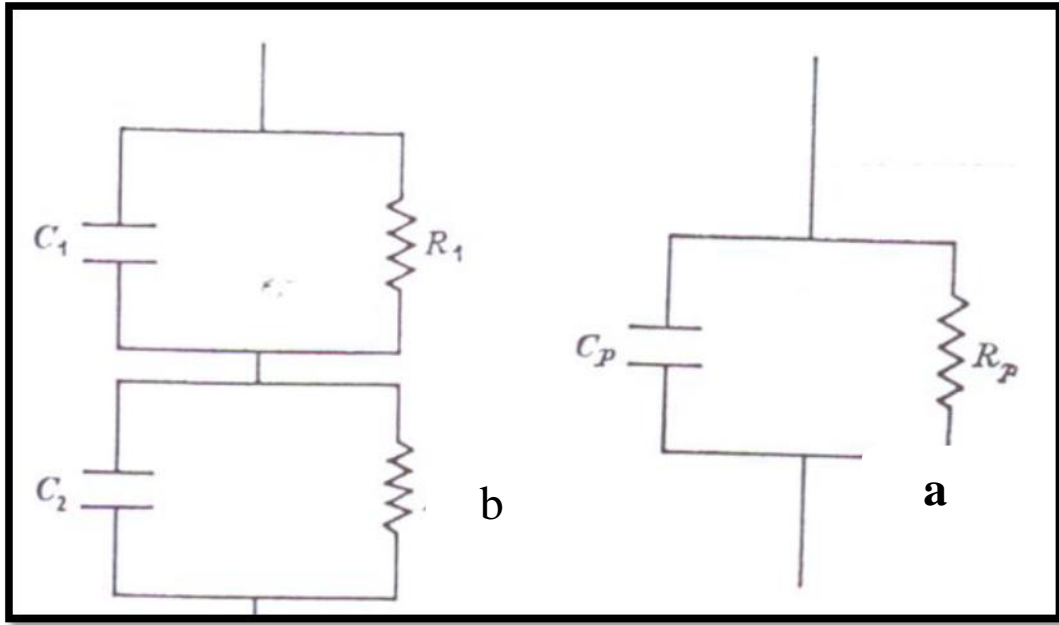
الشكل (2-7) : يبين اليات الاستقطاب لمواد قليلة المسامية [79]

### عامل التبديد :

هو النسبة بين الطاقة المبددة والطاقة المخزونة في المادة العازلة. الكثير من الطاقة تتبدد داخل المادة والقليل منها يصل الى وجهته النهائية في المواد العازلة تتحول الطاقة المتبددة على شكل حرارة أو اشعاع مثل الأشعة الراديوية في الهواء.

ثابت العزل وعامل الفقد يرتبطان بصورة مباشرة بالسعة للمادة العازلة أو بصورة أخرى بتردد الإشارة ثابت العزل يكون عالي في الترددات الواطئة وبالعكس بينما يزداد معامل الفقد بزيادة التردد. [79]

والشكل (8-2) يمثل دائرة كهربائية تحتوي على المقاومة  $R_1$  والمقاومة  $R_2$  الحاوية على جميع العناصر المساهمة في خسارة العازل فضلاً عن الحد الحقيقي من المقاومة.



الشكل (8-2) : يمثل العناصر التي تساهم في خسارة العازل [80]

إذا كانت الدائرة تكافئ الدائرة  $b$  وكانت  $R_2, R_1, C_2, C_1$  ثابتة ومن ثم  $C_P, R_P$  ليست

ثابتة بالنسبة الى التردد ولكنها تخضع لخاصية التوزيع. [80]

$$6) \dots \dots \dots (2-1) R_1 = \frac{\rho_1 d_1}{A} C_2 = \frac{\epsilon_2 A}{d_2}$$

$$7) \dots \dots \dots (2-1) C_1 = \frac{\epsilon_1 A}{d_1} C_2 = \frac{\epsilon_2 A}{d_2}$$

حيث  $\epsilon$  هي ثابت العزل و  $\rho$  هي المقاومة

$$8) \dots \dots \dots (2-1) \rho = \rho_\infty + \frac{\rho_0 - \rho_\infty}{1 + \omega^2 \tau^2}$$

$$)19..... (2-\epsilon = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}}{1 + \omega^2}$$

إذ تشير  $\infty$  و 0 الى الترددات العالية جداً والواطئة جداً على الترتيب.

$\tau$  يمثل زمن الاسترخاء  $= 2\pi f\omega$  حيث  $f$  هي التردد المقاس.

إن تردد الخمود للمواد المختلفة تقريباً يتناسب مع الترددات الواطئة والمقاومية تصبح صغيرة بزيادة قوة المجال وسيما بالنسبة للمواد الفريئية التي تملك ثابت عزل عالي تظهر مجالات عالية بما فيه الكفاية ولا يوجد فرق في حالات الترددات الواطئة والعالية.

$$\begin{aligned} \rho_{\infty} = \rho_2 \quad \text{and} \quad \epsilon_{\infty} = \epsilon_2 & \quad \text{عند الترددات العالية} \\ \rho_0 = \rho_2 + \chi\rho_1 \quad \epsilon_0 = \epsilon_2 + \frac{\epsilon_2}{\chi} & \quad \text{وفي الترددات الواطئة} \end{aligned}$$

### 2-12 السماحية الكهربائية (Permittivity) :

وهي قابلية المواد العازلة على خزن الشحنات الكهربائية فلو فرضنا وجود لوحين معدنيين متوازيين مساحة كل واحد منهما تساوي A تفصل بينهما مسافة قدرها d سوف تتكون متسعة في حالة كون الحيز بين اللوحين هو الفراغ فان سعة المتسعة في هذه الحالة تصبح  $C_0$  يمكن حساب قيمته من خلال العلاقة [63]

$$)20..... (2-C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

حيث  $\epsilon_0$  هي سماحية الفراغ وتساوي  $8.854 \times 10^{-12} F/m$  فإذا وضعت مادة عازلة بين اللوحين ففي هذه الحالة تزداد السعة نتيجة لوجود العازل ويمكن حساب قيمتها من العلاقة

$$)21..... (2-C = \epsilon \frac{A}{d}$$

ومن المعادلتين اعلاه يمكن ان نحسب النسبة بين السماحية عند وجود العازل وفي حالة

الفراغ

$$)2..... (2-\frac{C}{C_0} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \epsilon_r$$

حيث  $\epsilon_r$  تمثل السماحية النسبية وهي كمية معقدة تتكون من جزئين حقيقي وخيالي

$$)23..... (2-\epsilon_r = \epsilon'_r + i\epsilon''_r$$

حيث يمثل الحد الاول الجزء الحقيقي ويدعى بثابت العزل اما الحد الثاني فيمثل الجزء الخيالي ويدعى بعامل الخسارة الكهربائية ان السبب في تغير سعة المتسعة عند وضع المادة العازلة بين اللوحين المعدنيين يعزى الى التغيير الحاصل في فرق الجهد V او الشحنة الكهربائية

Q فإذا فرضنا ان  $V$  ثابتة فان الزيادة في سعة المتسعة يعود الى زيادة قدرتها على احتواء الشحنات الزائدة اما في حالة ثبات قيمة Q فان الزيادة في السعي يعزى الى الهبوط في قيمة  $V$  او بصورة ادق الى تغير الجهد الكهربائي E والسبب في هبوط قيمة E هو نتيجة لنشوء مجال معاكس بسبب وجود الشحنات المستقطبة على سطحي العازل.

وتعتمد عازلية المواد الفرايتية على أساس نظرية كوبس الذي ينص على ان المواد الفرايتية مكونة من طبقتين الأولى تمثل الحدود الجيبية ومن صفات هذه المنطقة انها ذات عازلية كبيرة ، اما المنطقة الثانية فهي منطقة الحبيبات وفيها تكون العازلية اقل من المنطقة الأولى التي تتصف بتوصيلة اعلى .

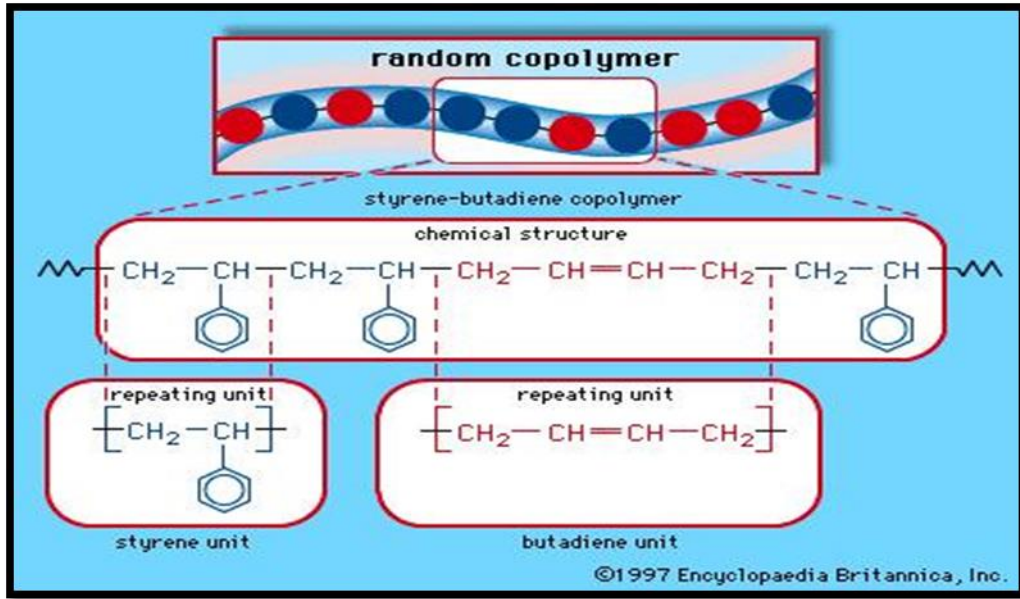
### 2-13 المطاط الصناعي styrene –butadiene rubber (Rubber)

: SBR

يعد من الانواع ذات الأرتدادية المتوسطة بسبب أعتدال درجة انتقاله الزجاجي ( $T_g=62^{\circ}C$ ) ووجود مجموعة الفينيل الجانبية الضخمة نسبيا التي يسبب وجودها تداخلا للكتل الجزيئية من جانب وزيادة في دالة العشوائية وعدد البنيات التركيبية المحتملة من جانب اخر بسبب تنوع حركتها ما بين اهتزازية او التوائية ينتج هذا المطاط بشكل واسع بواسطة بلمرة كل من المحاليل والمستحلبات حيث ان بلمرة المستحلب تتم على الحار عند درجة حرارة 50 او على البارد عند درجة حرارة  $5^{\circ}C$  اعتمادا على نظام المصنع [81].

يحتوي هذا المطاط على 50 من مادة البترول ان تركيب النفط في هذا المطاط يحسن من بعض الخواص له منها سهولة الخلط مع مواد اخرى دون فقدان الخصائص الفيزيائية للمطاط. وهذا المطاط يكون من الصعب أخذه للقالب او عجنه مثل المطاط الطبيعي ومن الصعب مزجه بالمواد الاخرى لذلك فوجود النفط يؤدي الى تحسين خواصه الفيزيائية يمتاز هذا النوع من المطاط بمقاومة احتكاك عالية ورخيص الثمن ذو بناء غير مشبع ويتحمل الاهتراء والشيخوخة وله عمر ثبات جيد عند حمايتها بالمضافات ومقاومة لتكوين الشقوق وكذلك مقاومة حرارية عالية مقارنة بالمطاط الطبيعي ويعد من أكثر أنواع المطاط شيوعا في الاستخدام حيث يستخدم في صناعة إطارات السيارات وخصوصا الأجزاء الملامسة للارض , وصناعة المنتجات المرغوبة , وتغليف الأسلاك الكهربائية وصناعة الاحزمة [82].





الشكل (2-9) : يمثل التفاعل الاساسي للبلمرة لتكوين مطاط SBR [82]

## 2-14 متراكب المطاط فرايت (Rubber Ferrite Composites) :

ان المادة المترابطة تتضمن اطوار مختلفة وتتكون من مادتين او أكثر تختلفان في الخواص [83] مثل المواد اللينة المغناطيسية او الصلدة مغناطيسياً عند استعمالها لتدعيم المواد مثل المطاط SBR سوف نحصل على مادة جديدة تتمتع بخواص مشتركة لكلا الطورين فإذا شكلت هذه المواد بصورة صحيحة فمادة المتراكب الناتجة منها سوف توفر دمجاً في الخواص مما يؤدي الى امكانية استعمالها في مجال واسع من التطبيقات المختلفة يتعذر على المعادن او البوليمرات او السيراميك في هذه التطبيقات لوحدها.

هذه المواد المترابطة تحتوي على خواص فريدة ونادرة تفوق على المواد المنفردة التي تكونت منها هذه المواد. ومن الممكن ان تكون المواد المركبة طبيعية مثل الخشب والاسنان والعظام وغيرها من المواد ومن الممكن ان تكون المواد صناعية مثل السبائك ودعامات السيارات البلاستيكية والاطارات [71].

ان المواد المترابطة المغناطيسية هي المواد التي تتكون من طورين او اكثر على ان يكون احد هذه الاطوار على الاقل مغناطيسياً ولها فائدة من خلال الاستفادة من خواصها الفيزيائية من خلال تعديل هذه الخواص وتفصيلها للاستفادة منها في التطبيقات المختلفة منها بأنه تدعيم

المطاط للحصول على المطاط المغناطيسي والدائن المغناطيسية عادة ما تصنع بمزج الفرايت مع بوليمر مناسب باستعمال قيم مناسبة من المكونات طبقاً لطريقة اجراء محددة. [84,85]

المغناطيسيات المرنة بخواص مغناطيسية جيدة تتكون من اختيار دقيق للحشوات المغناطيسية وازافة المواد المغناطيسية الى القالب المطاطي لا تكمن في ثقل الخواص المغناطيسية ولكن ايضاً يقوم بتعديل خواص العزل للمادة المتراكبة الناتجة [86].

### 2-15 الصلادة (Hardness) :

ان الصلادة تعرف على انها مقاومة المادة لاختراق السطح ولاسيما بالنسبة للتشوة الدائمي مثل التسنن او الخدش. ان مقياس اختبار الصلادة المستخدم لقياس صلادة المواد اللينة. يستند عمله على قابلية الاختراق قوة محددة للمواد تحت شروط معينة ومن الممكن المقارنة بين صلادة مادتين من خلال قياس رجوع الكرة الحديدية من كل سطح. المواد التي تكون صلادتها عالية تعطي قوة رجوع عالية. [87,88]

تعد خاصية الصلادة من الخواص المهمة في انتاج المواد المطاطية. ووحدة الصلادة هي (IRHD) بحسب المقياس المايكرومترقي القياسي للمنتجات المطاطية. ان دقة القياس للجهاز يعتمد على معدل الحمل وعلى مدة التحمل. ان اهداف قياس الصلادة هو لمعرفة الشرط الذي عنده يحدث ثقب في المادة المطاطية.

و من اكثر الأجهزة الشائعة لقياس الصلادة للبوليمرات هو Shore(A) و Shore(D) ان الاختلاف الأساسي بين النوعين هو في الشكل والابعاد في الأله التي تحدث خدش او انبعاج او تأثير على السطح ويعرف بالاندينتر (indenter).

مقياس (shore A) لقياس صلادة البوليمرات اللينة بينما جهاز (shore D) لقياس صلادة البوليمرات الصلدة. [89,90]

### 2-16 الوزن النوعي (Specific gravity) :

يعبر عن الوزن النوعي للمعدن بعدد يساوي النسبة بين وزن حجم معين من المعدن ووزن حجم مساوي من الماء المقطر. والوزن النوعي للمعادن يعد خاصية مهمة ومميزة لها. ويقدر الوزن النوعي لها بنفس الطرق المعتادة لتعين الوزن النوعي لأي مادة أخرى وهناك عوامل عدة تتحكم في الوزن النوعي منها الوزن الذري حيث يزداد الوزن النوعي للمعدة بزيادة الوزن

الذري للعناصر المكونة له وكذلك يعتمد على نصف القطر الذري حيث يزداد الوزن النوعي للمعدة بزيادة نصف قطر العناصر المكونة له [89].

### 17-2 الارتدادية

تعرف الارتدادية على أنها النسبة بين الطاقة الراجعة بعد أنتهاء التشوه الى الطاقة اللازمة لإنتاج التشوه

أن الجهاز المستخدم في فحص الارتدادية يتألف من بندول والذي يكون على شكل قرص فولاذي صلب يحمل القرص ومثبت على محيطه مسند (Bracket) الحامل كرة فولاذية بقطر 4mm وعلى بعد 260mm من مركز القرص تجري الاختبارات حسب المواصفات القياسية (ASTM) حيث تضيف الكرة والمسند مجتمعتين كتلة غير متوازنة مقدارها 60g تقاس الإزاحة الزاوية للقرص بواسطة مؤشر يتحرك على طول المقياس مدرج بدرجات القوس ويحمل على إطار الماكينة يوضع النموذج بحيث عندما يكون البندول في موضع استقرائية فان الكرة تلامس مركز السطح لنموذج الفحص.

قبل وضع القرص المطاطي في جهاز الفحص يجب تسخين القرص الى درجة حرارة 323k ثم يوضع في جهاز الفحص حيث أن موضع وضع القرص حامل النماذج مسخن آليا بدرجة حرارة 323k لضمان إتمام الفحص تحت هذه الدرجة حيث يسمح للبندول بالسقوط على النموذج ويقاس الارتفاع الذي يرتد إليه البندول والجهاز مبرمج لحسابها وحسب العلاقة [90]:

$$R = \frac{1 - \cos(\text{angle of rebound})}{1 - \cos(\text{angle of fall})} * 100\%$$

## 2-18 المواد الماصة للرادار ( $RAM_s$ ) Radar Absorbing Materials

المواد الماصة للموجات الرادارية ( $RAM_s$ ) Radar absorbing materials هي مواد مركبة لديها القابلية على امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية اثناء مرورها خلال هذه المواد. أي تقليل المقطع العرضي للرادار ( $RCS$ ) (*Radar Cross Section*) للموجات المنعكسة. وبذلك تكون مواد ( $RAM_s$ ) فعالة في تقنية التسلل أو التخفي خاصة في المجالات العسكرية ومن شروط هذه المواد ان تكون خفيفة قدر الإمكان وتتحمل الظروف الجوية القاسية والإجهادات العالية المسلطة عليها .

ففي الطائرات المقاتلة والصواريخ توجد هناك نقاط مشتركة منها تغير درجات الحرارة وسرعة تعرضها للأمطار والظروف البيئية الأخرى لذلك يجب ان تكون هذه المواد مواد مستقرة كيميائياً وبذلك فأنها لا تتحلل أو تتفحم في درجات الحرارة العالية.

وأيضاً يجب أن تتحمل هذه المواد ( $RAM$ ) المخاطر الكهربائية الناشئة من الكهربائية المستقرة وخطر الصواعق وأخيراً مواد ( $RAM$ ) يجب ان تكون ضد التآكل لكي لا تتحطم سطوح المركبات التي تستعمل هذه المواد في تصنيعها. [26]

تستعمل في الأجهزة المايكروية مجموعة كبيرة من الترددات وعرض النطاق الترددي يكون اوسع بالنسبة لعمليات الرادار فلكي تكون مواد ( $RAM$ ) فعالة يجب ان يكون عرض نطاقها كبيراً جداً. و ايضاً عليها أن تكون فعالة بكل زوايا سقوط الموجات الكهرومغناطيسية عليها و يجب ان تكون مثالية من أجل تقليل الاستطارة في جميع الاتجاهات وتصنف مواد ( $RAM$ ) الى عدة تصنيفات طبقاً لتصميمها الهندسي فهناك الماص الهرمي والماص الرغوي أو الطلاءات الرقيقة بطبقة واحدة او عدة طبقات ويمكن تصنيف المواد الماصة للرادار ( $RAM_s$ ) الى ماصات مغناطيسية أو ماصات عازلة أو هجينة بين الأثنين ((مواد مركبة من مواد مغناطيسية وعازلة)) و هذا التقسيم يعرف طبقاً لتفاعل الموجات مع المادة وطبقاً لهذه الأنواع من الماصات التي تستعمل في عمليات الأمتصاص وتدعى بالماصات المركزية ومن هذه المواد جسيمات الكربون والبوليمرات الموصلة والمواد غير العضوية والفرايتات [27-29].

ان المنتجات الصناعية لمواد ( $RAM_s$ ) بدأت في عام 1950 وبالرغم من ذلك فالبحوث في هذا المجال بدأت في عام 1930 وأن أول براءة اختراع لمادة ماصة للموجات الرادارية كانت

في هولندا عام 1936 وهي الماص المعتمد على التردد الرنيني المساوي لربع الطول الموجي في المدى 2GHz واستخدام فيها الكربون الأسود كمبدد و  $TiO_2$  استعمل مادة ذات ثابت عزل عالي. [30]

وبما أن أشعة الرادار (RAMS) لها صفات فريدة في امتصاص الأشعة الكهرومغناطيسية بشكل عام والميكروية بشكل خاص فقد أهتم العلماء والمهندسون بهذه الأشعة لذلك استعملت في تقنية تسلل الطائرات والتداخل الحاصل في الموجات الناقلة لصورة التلغاف وفي الغرف المعتمدة لموجات المايكرويف [91,92,93].

وبالنظر الى زيادة الاعتماد على استعمال الأشعة الكهرومغناطيسية في مختلف التطبيقات والأنظمة الالكترونية مما قد يسبب مشاكل في التطبيقات نظراً الى تداخل الأشعة الكهرومغناطيسية التي تصدر من مصادر مختلفة مما يؤدي الى حدوث تفسير خاطئ في المعلومات التي تحملها هذه الأشعة الكهرومغناطيسية لذلك تطورت تركيبات التدرج أجبارياً للقضاء على تداخل الموجات الكهرومغناطيسية وتجهيز بمعلومات أمينة [94,95] وتستعمل تقنية الرادار في التطبيقات العسكرية وكذلك في مجال الاتصالات.

وتعرف المواد الفرايتية بأنها مواد هشة ولها خواص ميكانيكية ضعيفة وبذلك تكون الطلاءات الفرايتية ذات خواص ميكانيكية ضعيفة وغير مقاومة للصدمة والكسر وكذلك تكون ضعيفة في الاوساط الكيماوية بصورة عامة ولغرض تحضير سطوح او طلاءات ماصة او عاكسة للأشعاع الراداري يتوجب علينا خلط المواد الفرايتية مع مواد بوليميرية او مطاط لما لهذه المواد من خواص ميكانيكية جيدة تؤهلها لتحضير سطوح او طلاءات مقاومة للصدمة ومقاومة للظروف البيئية والايوساط الكيماوية وتكون هذه الطلاءات مواد مركبة.

## 2-19 المواد المتراكبة (Composite Materials) :

هناك الكثير من العمليات والتطبيقات التكنولوجية لا يمكن إجراؤها الا بعد اجراء دمجا في الخواص (Combination of properties) وهذه الخواص لا يمكن ان تكون متواجدة في البوليمرات او المواد السيراميكية او البوليميرية وكذلك لا يمكن ايجادها في السبائك المعدنية بمفردها ومن ابرز التطبيقات التي يحتاج إجراؤها دمجا في الخواص هي الصناعات الجوية وصناعات تحت الماء وتطبيقات النقل ولغرض اجراء هذه التطبيقات يمكن استعمال المواد المتراكبة [96,97]

وتعرف المادة المتراكبة هي المادة الناتجة من خلط مادتين او اكثر للمترابك الناتج خواص فيزيائية وكيميائية جديدة لا تشابه الخواص للمواد المكونة لها وتعتمد هذه الخواص على عدة اشياء مثل مادة الحشو (Filler) والمادة الاساس (Matrix) فضلاً عن عمليات التشابك التي تحصل بين مادة الحشو والمادة الاساس.

## 2-20 انواع المواد المتراكبة (Types of Composites) :

تصنف المواد المتراكبة طبقاً الى المادة الاساس او اعتماداً على مادة الحشو إذ يمكن تقسيم المواد المتراكبة بالاعتماد على المادة الاساس على انواع عدة:

### أ- المواد المعدنية المتراكبة Metal Matrix Composites :

وتشمل المعادن النقية من الألمنيوم والحديد والنحاس وغيرها وكذلك السبائك المعدنية ومن مميزات هذه المواد هي المتانة والكثافة العالية فضلاً عن درجة انصهارها العالية ولكن عدم اختيار هذه المواد في معظم التطبيقات يعود الى ثقل وزنها [98].

### ب- المواد السيراميكية المتراكبة Ceramic Matrix Composites :

ان هذه المواد تمتاز بخفة وزنها وتحملها درجات الحرارة العالية ولكن عدم امتلاكها مقاومة عالية للصدم حدد من امكانية استعمالها في المواد الماصة للرادار (RAMs).

### ج- المواد البوليمرية المترابطة Polymer Matrix Composites

وهي تتكون من بوليمرين او اكثر وتدعم بدقائق سيراميكية او معدنية او اليف وتمتاز هذه المواد بخفة الوزن والخواص الميكانيكية الجيدة مما دعى لاستخدامها في أجزاء كثيرة من السيارات مثل الدعامة الامامية حيث تجمع خواصها الفيزيائية والميكانيكية الخواص الأساسية للمواد البوليمرية المكونة لها

تشمل البوليمرات جميع انواع اللدائن والمطاط (Rubber) ان البنية البلورية لهذه المواد تتكون من جزيئات طبيعية عضوية يمكن انتاجها من الاشجار مثل السليلوز او من الحيوانات مثل الصوف ويمكن كذلك انتاج الجزيئات البوليميرية صناعياً من البترول او السليكون.

وتقسم البوليمرات طبقاً الى وزنها الجزيئي فتدعى بالبوليمرات عالية الوزن الجزيئي عندما يكون وزنها الجزيئي المنخفض التي يكون وزنها الجزيئي اقل من (20000).

وايضا يمكن تصنيف البوليمرات تبعاً الى تركيب البوليمر وبهذا التصنيف تدعى البوليمرات بالبوليمرات العضوية في الحالة التي تكون اساسها سلاسل كاربونية او بوليمرات غير عضوية فيكون اساسها متكون من عناصر أخر غير الكربون مثل السليكون.

ففي البوليمرات العضوية ونتيجة لتفاعل الكربون مع الاوكسجين وهذه البوليمرات لا تتحمل درجات الحرارة العالية فعند تسخين هذه المواد فوق (150 °C) نلاحظ انصهارها وكذلك عند وضع البوليمرات العضوية في سائل عضوي فإنها اما تنتفخ او تذوب بينما تكون البوليمرات الا عضوية مقاومة لدرجات الحرارة العالية. وكذلك يمكن تصنيف البوليمرات الى بوليمرات لدنة حرارياً وبوليمرات صلدة حرارياً [99]

## 2-21 الحشوات او المقويات (Filler or Reinforcement) :

يمكن تقسيم مواد الحشوات على أقسام عدة :

1. الجسيمات Particles
2. الالياف المنقطعة Short fiber or Whisker
3. الالياف المستمرة Continuous fiber

ان النسبة بين حجم مادة الحشو الى حجم المادة المركبة يدعى بالكسر الحجمي

(Volume fraction)

$$\dots\dots\dots (2-24) v_f \% = \frac{v_f}{v_c} * 100 = \phi$$

وكذلك يمكن كتابة الكسر الوزني كالآتي:

$$\dots\dots\dots (2-25) w_f \% = \frac{w_f}{w_c} * 100 = \phi$$

والعلاقة بين الكسر الوزني والحجمي هي

$$\dots\dots\dots \phi = v_f = \frac{\psi/\rho_f}{\frac{\psi}{\rho_f} + w_m/\rho_m} = \frac{1}{1 + \frac{w}{\rho_m} * \frac{\rho_f}{\psi}}$$

والعلاقة بين الكسر الوزني والحجمي هي

$$\dots\dots\dots (2-26) \phi = v_f = \frac{\psi/\rho_f}{\frac{\psi}{\rho_f} + w_m/\rho_m} = \frac{1}{1 + \frac{w}{\rho_m} * \frac{\rho_f}{\psi}}$$

$$\dots\dots\dots (2-27) \therefore \phi = \frac{1}{1 + \frac{w_m}{\psi} * \frac{\rho_f}{\rho_m}} = \frac{1}{1 + \frac{1 + \psi}{\psi} * \frac{\rho_f}{\rho_m}}$$

حيث ان  $w_m, w_f$  وزن مادة الحشو والمادة الاساس  $\rho_f, \rho_m$  كثافة المادة الاساس

ومادة الحشو  $\psi$  ، الكسر الوزني لمادة الحشو في المادة المركبة  $\phi_c$  ، الكسر الحجمي لمادة

الحشو في المادة المركبة [98].

## 2-22 آلية الخسارة في الموجات الكهرومغناطيسية ( Electromagnetic

: (Loss Mechanism

تقوم مواد (RAMS) على حقيقة امتصاص طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المارة

خلالها. فمثل هذه المواد تملك معاملات انكسار ذات قيم معقدة. مثل معاملات الانكسار هذه

تتضمن تأثيرات مغناطيسية وكهربائية. و الجزء الخيالي يتم من خلاله حساب الخسارة في المادة.

وهذا يشير الى كمية الطاقة المتبددة في المادة وهذه الحالة تناظر تماماً حالة المقاومة التي يسري

فيها التيار وتستهلك الطاقة خلالها، وان الطاقة الكهربائية المتبددة تتحول الى حرارة داخل المادة.

عند الترددات الرادارية هناك تقريبان اوليان لتقليل الطاقة المنعكسة من التركيب وهما:



## الفصل الثاني : الفريئات والمواد الماصة للرادار.....

1. الامتصاصية الذي يعني امتصاص المادة للموجات الكهرومغناطيسية المار خلالها أي انتقال طاقة الموجة الكهرومغناطيسية الى المادة وان الآلية الفيزيائية للامتصاص تتضمن الخسارة الاومية (*Ohmic Loss*)، خسارة العازل (*dielectric Loss*) والخسارة المغناطيسية (*magnetic Loss*).

ان الخسارة الاومية تنشأ بواسطة حركات الشحنات الحرة وعادة ما تكون الالكترونات في الموصلات غير المثالية بتوصيلية مقدارها ( $\delta$ ). اما خسائر العازل والمغناطيسية تنشأ نتيجة للجزء الخيالي لثابت العزل ( $\epsilon_r - i\epsilon_r'$ ) وكذلك الجزء الخيالي للنفاذية المغناطيسية ( $\mu_r - i\mu_r'$ ) على الترتيب بينما يمثل الجزء الحقيقي للسماحية المعقدة والنفاذية المعقدة مقدار الطاقة المخزونة.

ان الجزء الاكبر للخسارة يكون بسبب التوصيلية ( $\delta$ ) للماص الكهربائي من المناسب ان تعبر عن تأثير التوصيلية ( $\delta$ ) بدلالة الجزء الخيالي للسماحية حيث ان

$$\epsilon_r' = \frac{\delta}{w\epsilon_0} \quad (2-28)$$

حيث  $w$  هو التردد الزاوي ويساوي ( $2\pi f$ ).

ان السماحية والنفاذية النسبيان يمكن كتابتهما كالآتي [63]

$$\epsilon_r = |\epsilon_r| e^{i\delta} \quad (2-29)$$

$$\mu_r = |\mu_r| e^{i\delta m} \quad (2-30)$$

عند الترددات المايكروية تحدث الخسائر في الموجات الكهرومغناطيسية نتيجة لعدد من التأثيرات في المستويات الذرية والجزيئية. وفي معظم الماصات الكهربائية تكون الجزء الاكبر من الخسارة نتيجة التوصيلية المحددة للمادة ان الخسارة الكهربائية والمغناطيسية يمكن تمثيلها رياضياً بالصيغ الآتية:

$$\tan \delta e = \frac{\epsilon_r'}{\epsilon_r} \quad (2-31)$$

$$\tan \delta m = \frac{\mu_r'}{\mu_r} \quad (2-32)$$

إذ تمثل  $\tan \delta$  ،  $\tan \delta_m$  الخسارة الكهربائية والمغناطيسية على التوالي:

2. الطلاءات الماصة : ان تقليل المقطع العرضي للرادار للأجسام الموصلة يتم من خلال طلائها بمواد ماصة للموجات الرادارية. إذ تعمل هذه الطلاءات على تقليل المقطع العرضي للرادار بواسطة الانعكاسات الاتلافية المتعددة او بواسطة التداخل الاتلافي [100].

ان خواص الطلاءات الماصة يجب ان تختار بحيث يكون الانعكاس من وجهيها الامامي والخلفي مهملاً. ومثل هذه الانواع من الطلاءات يمكن عدها ماصات رتيبة لأن مبدأ الالغاء (Cancellation) هو تقنية حزمة ضيقة تعتمد على السمك المناسب للطبقة المستعملة للامتصاص اطوال موجية معينة المواد الموهنة للموجات بواسطة الخسارة الكهربائية والمغناطيسية يمكن ان تقوم بعمليات توهين خلال مديات ترددية اوسع من الماص الرنيني [101,102]

ان معامل الانكسار يعطى بالعلاقة الآتية:

$$n = \frac{k}{k_0} = \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \quad (2-33)$$

إذ  $k$  هو العدد الموجي داخل المادة و  $k_0 = w\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$  هو العدد الموجي في الفراغ وبنفس الطريقة وباستخدام  $\mu_r$  و  $\epsilon_r$  يمكن تعريف ممانعة المادة. [64]

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} Z_0 \quad (2-34)$$

إذ  $Z_0$  هي ممانعة الفراغ وتساوي تقريباً  $120\pi$  وتقريباً  $377 \Omega$ . في التطبيقات العملية . في التطبيقات العملية طبقة العازل غالباً ما تكون مرصوفة الى السطح الموصل وفي هذه الحالة يمكن استعمال تحليل الشعاع النافذ لحساب الممانعة الداخلية الفعالة في الجهة الامامية للطبقة.

للسطوح المعدنية المستوية مطلية بطبقة واحدة من مادة عازلة فان الممانعة الداخلية تكون بالصيغة الآتية

$$Z_i = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \epsilon \sinh(-i\sqrt{k_0} d \sqrt{\mu_r \epsilon_r}) \quad (2-35)$$

إذ  $d$  هو سمك الطبقة العازلة. وهذه المعادلة تطبق على الموجة التي تسقط على السطح بصورة عمودية.

**ومعامل الانعكاس (Reflection Coefficient)**

$$RC = \frac{Z_i - Z_0}{Z_i + Z_0} \quad (2-36)$$

ويكون معامل الانعكاس ايضاً كمية معقدة وتكون قيمته محصورة بين (صفر والواحد).

[64]

وقيمة معامل  $RC$  بالديسبل يمكن الحصول عليها من خلال المعادلة: [103]

$$= 20 \log |RC| \quad (2-37) \quad |RC| (dB)$$

ان الهدف من تصاميم مواد ( $RAM_s$ ) هو للإنتاج مواد تمتلك معامل انعكاس صغير قدر الامكان وعلى مدى ترددية واسعة قدر الامكان.

### 2-23 شاشة سالسبيرى (Salisbury Screen) :

يعتبر مبدأ سالسبيرى هو اول تطبيق لمواد تمتص أمواج الرادار ويرمز لها اختصارا RAM وتتكون من سطح رئيسي للجسم هو السطح المعدني للطائرة المطلوب اخفائها من الرادار وعازل قوي يستوعب ربع الطول الموجي القادم له وتعتمد اليه الامتصاص على الموجى العرضية الآتية من حزم رادارية متوازية والموجة الأولى ستعكس من الطبقة الخارجية وستتداخل هاتان الموجتان المنعكستان مع بعضهما فيسبب الغاء مجالهما الكهربائي ان ماص سالسبيرى هو عبارة عن طبقة رقيقة لها مقاومة سطحية معينة ويعبر عنها بدلالة الموصلية لمادة الطبقة كالآتي: [63]

$$R_s = \frac{1}{\delta d} \quad (2-38) \dots\dots\dots$$

إذ d هو سمك الطبقة

$R_s$  عادة ما تقاس بالوحدات الشائعة  $\Omega/area$

وفي حالة السقوط العمودي للأشعة الكهرومغناطيسية على الطبقة فإن معامل الانعكاس

يعطى بالعلاقة الآتية :

$$RC = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_m + Z_0} \quad (2-39) \dots\dots\dots$$

إذ  $Z_0$  تمثل الممانعة للفراغ وتقريباً تساوي (2.75) وإذا وضعت هذه المادة الرقيقة بين الفراغ الحر والسطح المعدني فان الممانعة الداخلة ( $Z_{in}$ ) يمكن الحصول عليها من خلال المشاركة بين مقاومة المادة الرقيقة  $R_s$  والممانعة المتحولة للسطح المعدني.

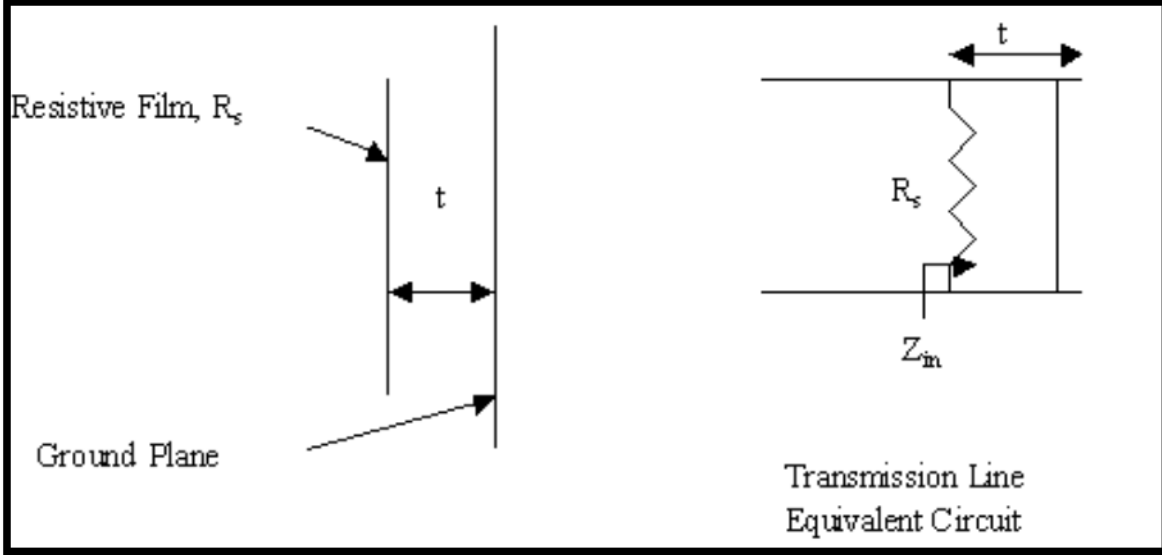
إذا كانت المسافة بين الطبقة الرقيقة والسطح المعدني تساوي ربع الطول الموجي ( $\lambda/4$ ) والشكل (2-3) يمثل الدائرة المناظرة للشعاع النافذ والتي يكون مفتوحة بالنسبة للسطح المعدني

ولذلك تكون الممانعة الداخلة تساوي  $R_s$

$$Z_{in} = R_s \dots\dots\dots (2-40)$$

وهنا يكون شرط الانعكاس الصفري ((الانعكاس = zero)) لمثل هذه الشاشة الرقيقة كالاتي [31,34]

$R_s = Z_0$  الدائرة المكافئة للشعاع النافذ لشاشة سالسييري والشكل (10-2) يوضح شاشة سالسييري العازلة [73]



الشكل (10-2) : يمثل شاشة سالسييري [74]

### 2-24 طبقة دالينج (Dallenbach Layer) :

يعتبر من الماص الرنيني ويتكون من طبقة متجانسة عازلة تدعم بها صفيحة معدنية [97] ويكون عملها مشابه لشاشة سالسييري (Salisbury Screen) حيث ان الانعكاس من السطح الخارجي يلغي الانعكاس من السطح الخلفي وعادة تكون معادلة معامل الانعكاس عند السطح الخارجي هي :

$$Z_{in} = Z \frac{Z_{Load} + iz \tanh(\gamma t)}{z + iz_{Load} \tanh(\gamma t)} \quad (2-40)$$

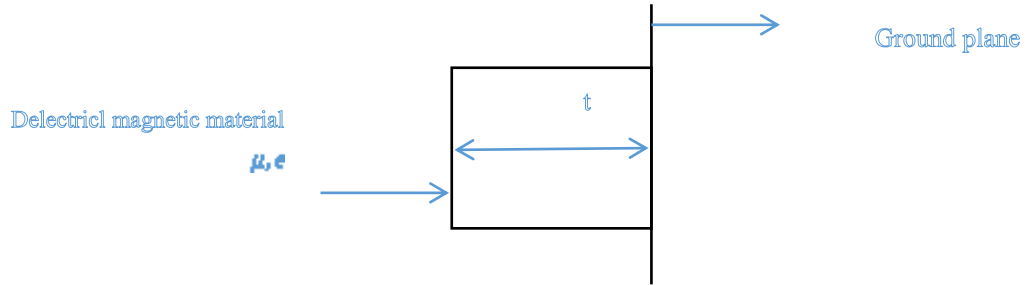
إذ  $Z$  هي ممانعة الطبقة؛  $Z_{Load}$  هي ممانعة مادة السطح المطلي بالطبقة العازلة وفي حالة الموصلات المثالية فأن  $[Z_{Load} = 0]$  و  $t$  هو سمك الطبقة الماصة و  $(\gamma)$  هو ثابتة الانتشار.

ان الممانعة للطبقة الماصة يمكن كتابتها بالصورة الآتية [95]

$$Z = iw\sqrt{\mu\epsilon} \quad (2-41)$$

ان الانعكاس من سطح المادة يحدث نتيجة لتغير الممانعة وذلك لدخول الموجة عند السطح البيني بين وسطين مختلفين. لذلك اذا كانت المادة تمتلك ممانعة نسبية قيمتها تساوي (1) بالنسبة الى الفضاء الحر فهذا يعني ان  $[\mu_r = \epsilon_r]$  وهنا سوف لا يحدث انعكاس عند السطح. وفي هذه الحالة يعتمد التوهين على خواص الفقد للمادة  $(\hat{\mu}_r, \hat{\epsilon}_r)$  وكذلك السمك الكهربائي [64] والشكل (2-11) يوضح طبقة دالينج الماصة .

إن من خواص الماصات ذات الطبقة المفردة هو استحالة الحصول على انعكاسية مقدارها صفر ذلك لان طبقة المادة يجب ان تحتوي على مقدار من الانعكاسية حتى وان كانت هذه الانعكاسية صغيرة جداً من سطحها الامامي.



الشكل (2-11) : يوضح ماص طبقة دالينج

## 25-2 الماصات العازلة متعددة الطبقات ( Multilayer Dielectric Absorbers ) :

للحصول على مواد ذات كفاءة عالية ماصة للموجات الرادارية تم تصميم مواد RAMs في موجات واسعة من الترددات. ولا يمكن الحصول على ماص ذات طبقة واحدة يتمكن من امتصاص حزمة واسعة من الترددات المرغوب بامتصاصها من الماصات الرادارية. لذلك يكون مبدأ الماصات الرادارية متعددة الطبقات العازلة ذات فائدة إذ إن تغير الممانعة الفعالة مع المسافة داخل المادة سوف يؤدي الى تقليل الانعكاسية وهناك أنواع عدة من الماصات متعددة الطبقات هي:

1. **ماص جومان**: وهو ماص راداري ذات مدى واسع يتكون من طبقات متوالية من اغشية ذات فقد عالي وطبقات سميكة من مواد ذات خسارة قليلة. إذ بالإمكان تحسين عرض الحزمة الممتصة في ماص سالسبيرري وذلك بإضافة صفائح مقاومة الى ماص جومان. لتوفير اقل قدر من الاداء فان مقاومة الصفائح يجب ان تكون متدرجة من اعلى قيمة للصفحة الامامية الى اوطأ قيمة للصفحة الخلفية. ان عرض الحزمة الممتصة يعتمد على عدد الصفائح

المستعملة. إذ تزداد عرض الحزمة بزيادة عدد الصفائح وعرض الحزمة الممتصة. كما في الجدول (1-3)

الجدول (2-3) : يوضح عدد الصفائح وعرض الحزمة لخاص جومان [64]

**Band width of Jaumann Absorbers**

No. of sheets	Fractional Band width(cm)	Total thickness (cm)
1	0.27	0.75
2	0.55	1.50
3	0.95	2.25
4	1.16	3.00

### 2. المواد الماصة العازلة المتدرجة Graded dielectric RAMs :

وهي طبقات تكون مفصولة عن بعضها البعض وخواص كل طبقة تختلف من طبقة الى اخرى. ان تقنية تقليل الانعكاس من الوجة الامامي للماص هو باستخدام الرغويات شبة الموصله والتي يمكن الحصول عليها من خلال غمرها بالكربون او باستعمالها مع الياف الكربون. ان مزج هذه الرغويات بعناية مع أي طبقة مغناطيسية داخلية تقود إلى إنتاج مواد ذات حزمة عريضة من الترددات والتي يمكن ان تعمل في التردد (4-18) GHz [104].

### 2-26 المواد المتراكبة والصناعية (Composite and Artificial Materials) :

تعد المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري من أقدم المواد المتراكبة. تتكون المواد المتراكبة من الطور الأول الذي يعرف بالمادة الأساس (Matrix) وتكون من مادة مطيلية ذات متانة عالية مثل البوليمرات، أما الطور الثاني فيسمى بطور التقوية (Reinforcement) والذي قد يكون على شكل (ألياف ، أو دقائق ، أو قشور) من مواد صلبة مثل (بوليمرات، سيراميك، معادن) وتستخدم المواد المتراكبة (Composite materials) في مجال صناعة الطيران وكذلك في مجال الفضاء وذلك نتيجة لخفة وزنها إذ ان لهذه الخاصية اهمية كبيرة في صناعة الطائرات.

### 2-27 الماص المغناطيسي (Magnetic Absorber) :

هو عبارة عن طبقة مغناطيسية توضع على السطح المعدني مباشرة وبما أن هذا الماص مغناطيسيا فأن الضياع الكهربائي فيه قليل واحدى صفات هذا الماص انه اقل سماكه من ماص

## الفصل الثاني : الفرايتات والمواد الماصة للرادار.....

سالسبيري ويعتبر هذا الماص من الناحية التطبيقية ماص حزمة ضيقة ويعود ذلك الى أن الجزء الحقيقي والخيالي لكل من النفاذية والسماحية تتغير مع التردد.

وتعطي معادلة معامل الانعكاس في الماص المغناطيسي كالاتي:

$$\dots\dots\dots (2-42) R = \frac{Z \tanh(\gamma d) - Z_0}{Z \tanh(\gamma d) + Z_0}$$

شرط الحصول على انعكاس قيمته تساوي صفر تصبح المعادلة

$$\dots\dots\dots (2-43) Z \tanh(\gamma d) = Z_0$$

وبالتعويض عن قيم  $Z_0$  ونحصل على

$$\dots\dots\dots (2-44) \sqrt{\frac{\mu_0(\hat{\mu}_r - i\hat{\mu}_r)}{\epsilon_0(\hat{\epsilon}_r)}} \tanh\left(i\omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 (\hat{\mu}_r - i\hat{\mu}_r)} d\right)$$

$$\dots\dots\dots (2-45) = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

والخسارة بسبب العازل تكون قليلة وفي هذه الحالة

$$\hat{\epsilon}_r \gg \hat{\epsilon}_r'$$

$$\hat{\mu}_r \gg \hat{\mu}_r' \quad \text{كما ان}$$

وبالتعويض في معادلة رقم (40) نحصل على

$$\dots\dots\dots (2-45) \sqrt{\frac{-i\hat{\mu}_r'}{\hat{\epsilon}_r}} \tanh\left(i\beta_0 \sqrt{-i\hat{\mu}_r' \hat{\mu}_r} d\right) = 1$$

وهي المعادلة التي يمكن بواسطتها تحديد سمك مادة (RAM) المستخدمة

$$\dots\dots\dots (2-46) d = \frac{1}{\beta_0 \sqrt{i\hat{\mu}_r' \hat{\epsilon}_r}} \tan^{-1}\left(\sqrt{\frac{i\hat{\epsilon}_r'}{\hat{\mu}_r'}}\right)$$

ان معامل الانعكاسية يعتمد فقط على الجزء الخيالي للنفاذية ( $\hat{\mu}$ )

$$\dots\dots\dots (2-47) dopt = \frac{1}{2K_0 \mu^0} = \frac{c}{2\omega \hat{\mu}}$$

ومن هذه المعادلة نلاحظ ان الجزء الخيالي للنفاذية يتناسب عكسياً مع التردد الزاوي. [74]

$$\dots\dots\dots (2-48) \hat{\mu} = \frac{1}{\omega}$$

## 28-2 انتشار الموجات الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Wave) :(Propagation)

ان الحركة العشوائية للشحنات الكهربائية هي سبب ظهور الأمواج الكهرومغناطيسية في عدة أماكن منها الفراغ او الأوساط المادية والتي تشتت ظهور حقول كهربائية ومغناطيسية متغيرة ان هذا الانتشار تنطبق عليه معادلات ماكسويل التي تأخذ الشكل [69]

$$\dots\dots\dots (2-49) \vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\dots\dots\dots (2-50) \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

أما العلاقات التي تحدد ارتباط المجالات الكهرومغناطيسية من خلال خصائص الوسط او ما تدعى بالعلاقات الأساسية

$$\vec{B} = \mu \vec{H} , \quad \vec{J} = \vec{E} , \quad \vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

إذ  $\epsilon$  و  $\mu$  و  $\delta$  تمثل السماحية والنفذية والتوصيلية على الترتيب للأوساط الناقلة للأمواج الكهرومغناطيسية وبالتعويض عن قيم  $\beta$  و  $\lambda$  في معادلة رقم (3-28) و (3-29) نحصل على :

$$\rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{E} = \mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \dots\dots\dots (2-51)$$

$$\rightarrow \dots\dots\dots (2-52) \vec{\nabla} \times \vec{E} = \delta \vec{E} + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

ومن خلال المعادلتين (3-30) و (3-31) نلاحظ ارتباط المجالات الكهربائية بالمجالات المغناطيسية ولفك هذا الارتباط نقوم بأخذ التفاضل من المعادلتين  $(\vec{\nabla} \times)$  بالنسبة للمعادلة (3)

$$\dots (2-53) \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = -\mu \vec{\nabla} \times \left( \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \right) = -\mu \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{H}) = \nabla(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E}$$

وبعد ان الوسط الناقل هو الفراغ تصبح المعادلة:

$$\rightarrow \dots\dots\dots (2-54) \Delta \cdot E = \vec{\nabla} \cdot \left( \frac{\vec{D}}{\epsilon} \right) = \frac{1}{\epsilon} \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0$$

فتكون المعادلة :

$$\dots\dots\dots (2-55) \Delta^2 E - \mu \sigma \frac{\partial E}{\partial t} - \left( \frac{1}{v^2} \right) \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

إذ ان  $v \equiv 1/\sqrt{\mu\epsilon}$



## الفصل الثاني : الفرايتات والمواد الماصة للرادار.....

وهي معادلة من الدرجة الثانية وناتج حل هذه المعادلة المجال الكهربائي كدالة في الفراغ والزمن وكما يأتي:

$$\dots\dots\dots (2-56) \vec{E}(x, y, z, t) = AF(r - vt) + Bg(r - vt)$$

إذ  $A$  و  $B$  هما ثابتان يتم تحديدها من شروط الحدود و  $f, g$  هما موجتان في الفراغ والزمن.

$$\dots\dots\dots (2-57) \vec{E}(x, y, z, t) = \vec{E}(x, y, z) e^{i\omega t}$$

وبالتعويض معادلة رقم (8) في معادلة رقم (5) واجراء عملية التفاضل نحصل على :

$$\dots\dots\dots (2-58) \nabla^2 E - \gamma^2 E = 0$$

$$\nabla^2 E = \gamma^2 E$$

إذ  $\gamma$  هو ثابت الأنتشار وقيمه تساوي

$$\dots\dots\dots (2-59) \gamma = |\gamma| e^{i\omega} = \alpha + iB = (i\omega\mu\delta - \omega^2\epsilon\mu)^{\frac{1}{2}}$$

وبإتباع نفس الخطوات للمجال المغناطيسي للحصول على معادلة مماثلة:

$$\dots\dots\dots (2-60) \nabla^2 \vec{H} - \gamma^2 H^2 = 0$$

من خلال المعادلة

$$\dots\dots\dots (2-61) \vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

نلاحظ ان السماحية هي نسبة ثابتة بين كثافة الفيض الكهربائي  $\vec{D}$  والمجال المسلط

$$\dots\dots\dots (2-62) \epsilon_r = \frac{\vec{D}}{E}$$

والنفاذية النسبية ( $\epsilon_r$ ) هي قيمة معبرة بالنسبة الى ثابت سماحية الفراغ أي ان

$$\dots\dots\dots (2-63) \epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

إذ  $\epsilon_0$  سماحية الفراغ وتساوي (*Farad's/meter*)  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$

وعندما يسלט تيار كهربائي متناوب على العازل يظهر لدينا زمن الاسترخاء المعتمد وفي

الأوساط العازلة المتجانسة مراحل زمن الاسترخاء تتضمن توجيه ثنائيات الأقطاب بعكس اتجاه

المجال المسلط. وتتكون السماحية من جزئين حقيقي وخيالي

$$\dots\dots\dots (2-64) \epsilon = \bar{\epsilon} - i\bar{\epsilon} = \epsilon_0(\bar{\epsilon}_r - i\bar{\epsilon}_r)$$

## الفصل الثاني : الفرايات والمواد الماصة للرادار.....

حيث يمثل الجزء الحقيقي ( $\bar{E}$ ) الطاقة المخزونة بينما الجزء الخيالي للسماحية الخسارة في الطاقة وأن النسبة بين شدة المجال الكهربائي الى شدة المجال المغناطيسي تسمى بالممانعة الموجية ويمكن كتابتها بالصيغة التالية. [100]

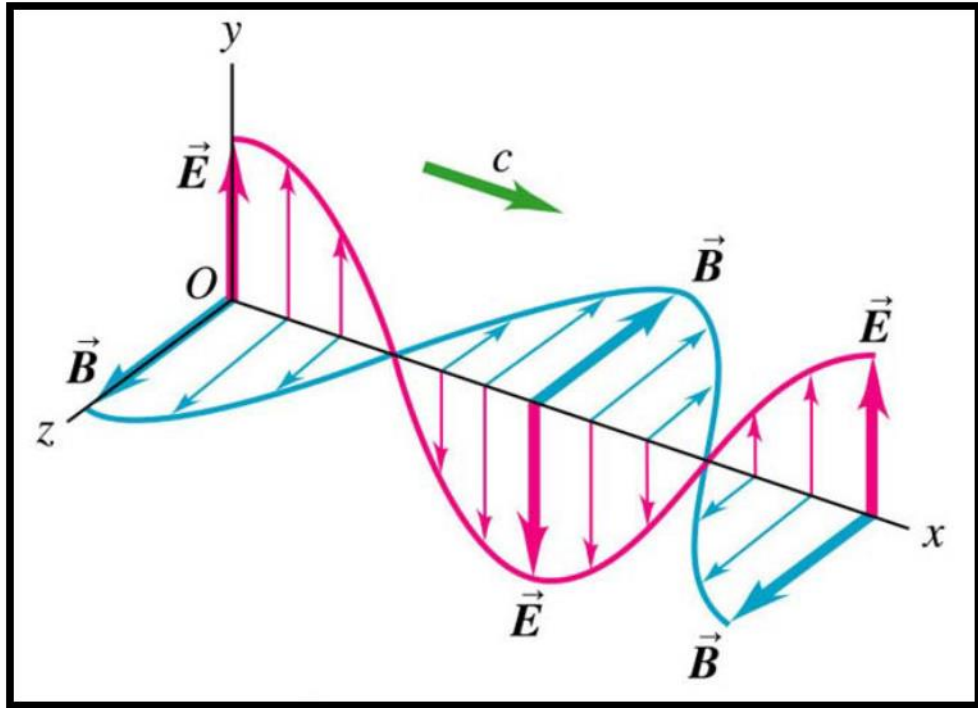
$$\dots\dots\dots (2-65) \frac{\bar{E}}{\bar{H}} = \frac{\omega \epsilon}{k} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = Z$$

وهذه المعادلة توضح ان الممانعة ( $Z$ ) هي دالة النفاذية ( $\mu$ ) وللسماحية  $\epsilon$  للوسط الذي تنتقل فيه الموجة الكهرومغناطيسية وبالنسبة للممانعة المعيارية فيمكن الحصول عليها [25,101] وذلك بالقسمة على ممانعة الهواء

$$\dots\dots\dots (2-66) \frac{Z}{Z_0} = \sqrt{\frac{\frac{\mu}{\epsilon_0}}{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}}$$

والموجات الكهرومغناطيسية تتكون من مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدان مع بعضهما يتغيران مع الزمن وفي زاوية الطور نفسها.

والشكل الآتي يوضح موجة كهرومغناطيسية بطول موجي يساوي  $\lambda$ .



الشكل (2-12) : موجة كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ

وعندما تسقط الموجة على سطح جسم ما فان جزء من الموجة سوف ينعكس وجزء منها ينفذ. ان الجزء المنعكس يعتمد على التردد وطبيعة المادة.

ان معامل الانعكاس للموجة الساقطة بشكل عمودي يمكن حسابة من الممانعة المعيارية

كالآتي:

$$R = \frac{\frac{Z}{Z_0} - 1}{\frac{Z}{Z_0} + 1} \quad (2-67)$$

وان معامل الانعكاس هو كمية معقدة تتكون من جزئين حقيقي وخيالي

### 29-2 الية تقليل الانعكاسية (Mechanism of Reflectivity Reduce):

إن المواد الماصة يمكن تمثيلها بواسطة خواصها الكهرومغناطيسية مثل السماحية (ε)

والنفاذية (μ) التي يمكن معايرتها مع قيم الفراغ الحرة (ε<sub>0</sub>, μ<sub>0</sub>)

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2-68)$$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2-69)$$

وتعد السماحية النسبية والنفاذية النسبية كميتان معقدتان أي تتكون من جزء خيالي وجزء

حقيقي ويمكن كتابتها بالصورة الآتية [53]

$$\epsilon_r = \epsilon'_r + i\epsilon''_r \quad (2-70)$$

$$\mu_r = \mu'_r + i\mu''_r \quad (2-71)$$

إذا  $\epsilon'_r$  و  $\mu'_r$  المركبة الحقيقية للسماحية النسبية والنفاذية النسبية و  $\epsilon''_r$  و  $\mu''_r$  المركبتين

الخياليتين للسماحية النسبية والنفاذية النسبية للوسط على الترتيب.

الجزء الخيالي للسماحية يتم من خلاله حساب فقدان في قيمة الطاقة للموجة

الكهرومغناطيسية خلال الوسط والذي يعتمد بدوره على التوصيلية الخاصة بالوسط أما الجزء

الخيالي للنفاذية ( $\mu''_r$ ) فيعتمد على شدة المغناطيسية.

يمكن كتابة المعادلتين (2-70) و (2-71) بالصورة الآتية [7]

$$\epsilon_r = \epsilon'_r (1 + i \tan(\delta\epsilon)) \quad (2-72)$$

$$\mu_r = \mu'_r (1 + i \tan(\delta\mu)) \quad (2-73)$$

إذا تمثل  $i \tan(\delta e)$  و  $i \tan(\delta m)$  الخسارة في الكهربائية والمغناطيسية في الوسط. فالمواد التي تكون لها قيمة  $i \tan(\delta e)$  عالية تسمى بالمواد العازلة كهربائياً التي تكون فيها قيم  $i \tan(\delta m)$  عالية تدعى بالمواد المغناطيسية.

وفي كلتا الحالتين تتحول الطاقة المفقودة الى حرارة هناك كميتان مهمتان تسيطران على انتشار الموجة في الأوساط المختلفة وهما معامل الانكسار ( $n$ ) وممانعة الوسط ( $Z$ ).

يمكن كتابة معامل الانكسار بدلالة متغيرات الموجة الكهرومغناطيسية الأساسية كالآتي:

$$n = (\mu_r \epsilon_r)^{1/2} \quad (2-74) \dots\dots\dots$$

اما الممانعة ( $Z$ ) هي ممانعة الهواء وتساوي تقريباً  $(377\Omega)$  ومعامل الانكسار كميات معقدة.

### 30-2 تقنيات التحضير (Preparation Techniques) :

يمكن تحضير الفرايتات بطرق كثيرة وتشارك هذه الطرق جميعها باستعمال المواد في حالتها الصلبة لإنتاج المواد الفرايتية. مثل الطريقة السيراميكية التقليدية حيث تعتمد خواصها على الشوائب ونسبة تفاعلها وتجانسها مع المادة الأساسية المواد الأولية عادة ما تكون اوكسيد الحديد  $(\alpha - Fe_2O_3)$  واكاسيد او كاربونات المواد الثنائية التي يرغب في انتاج الفرايت منها ثم تأتي مرحلة تحديد الكتل وحسابها ثم وزنها,وبعدها تأتي عملية الخلط, والغاية منها جعل المواد خليطاً متجانساً لمنع تجمعها في منطقة معينة وبعدها تأتي عملية الترشيح او التسخين من أجل التخلص من السائل المستعمل ومن ثم تأتي عملية التشكيل وفيها يتم كبس الدقائق المسحوقة باستعمال مكبس هيدروليكي لتأخذ العينات شكل القالب المستعمل لهذا الغرض وبعدها تأتي عملية التليد لاكساب العينات خواص ميكانيكية وفيزيائية عالية. [102]

الطريقة الأخرى تسمى الطريقة الكيميائية الرطبة حيث تتغلب هذه على مشاكل الطريقة السيراميكية لانه من مشاكلها تلوث المركبات عند الطحن وعدم تجانسها عند الخلط وحاجتها الى درجة تليد عالية وعدم توحيد حجم الجسيمات, من اجل ذلك استخدمت الطريقة الكيميائية مثل طريقة السول -جل Sol-gel [103]

والطريقة الثالثة هي العملية المائية الحارة (الحرمائية) ومن محاسن هذه الطريقة يتم فيها تشكيل المساحيق مباشرة من المحلول, ومن الممكن السيطرة على حجم الحبيبات واشكالها

بأستعمال انواع مختلفة من الظروف والمواد المائية ,وايضا تكون المساحيق الناتجة شديدة التفاعل وذلك يساعد في خفض درجة التليد [104].  
وهناك طرائق أخرى لإنتاج المواد الفرايتية وسوف نقتصر على شرح طريقة الترسيب الكيميائي المشترك في هذا البحث لتحضير العينات الفرايتية.

### 2-31 تقنية الترسيب الكيميائي المشترك (Co-precipitation Tehnique)

استعملت هذه الطريقة سنة 1970 لأول مرة وادخلت في صناعة المواد المغناطيسية في مجالات عدة و هذه الطريقة لتكوين الفرايتات تعتمد على التحضير الاولي للمحلول المائي لكوريدات، نترات او كبريتات او اوكزالات  $Fe^{+3}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  الايونية بالنسبة المطلوبة للفرايت [105].

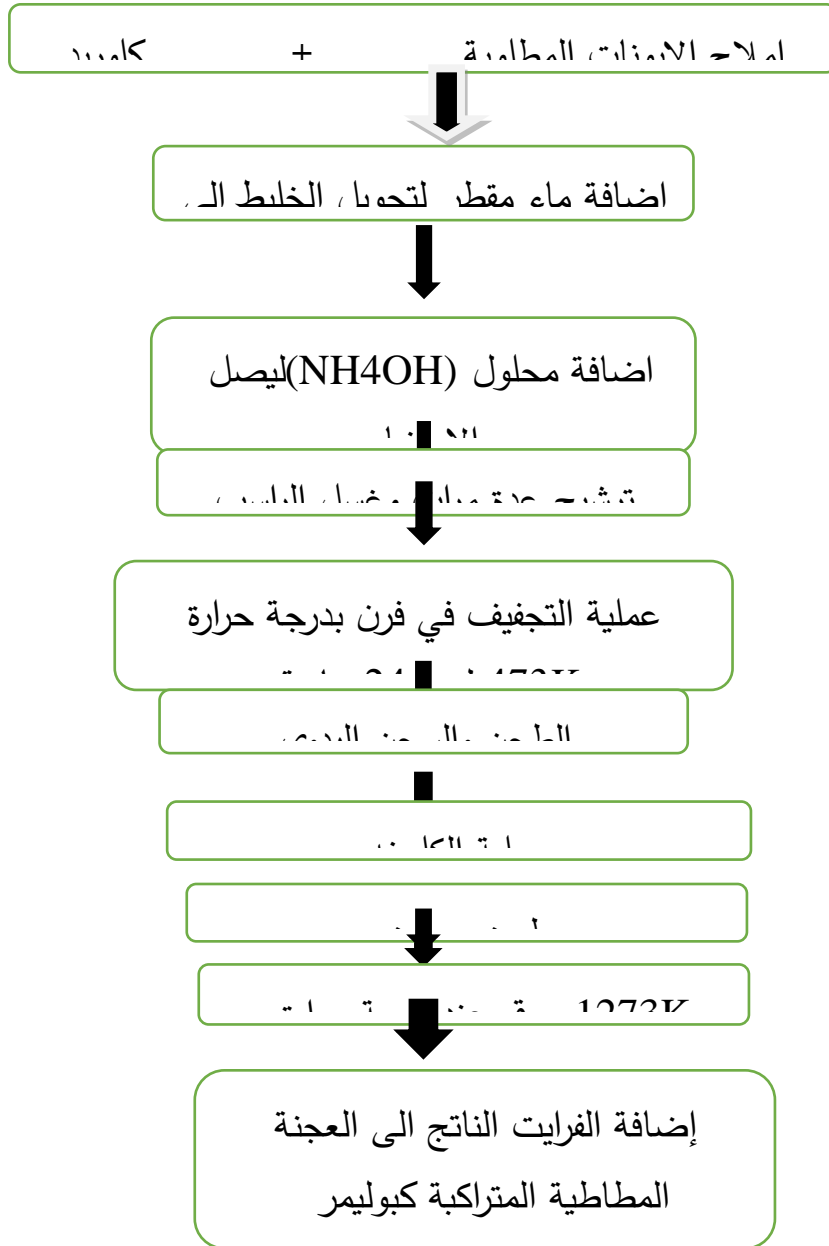
تترسب الايونات معاً على شكل هيدروكسيد باضافة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) او على شكل اوكزالات باضافة حامض بيكاربونات.  
الرواسب يتم ترشيحها ثم غسلها وبعد ذلك تتم عملية الحرق. مسحوق الفرايت يحضر من هذه الطريقة بواسطة التفكك الحراري للراسب.

وبدرجة حرارة تكون اقل من درجة الحرارة التي يحضر بها في الطريقة السيراميكية ومن الفوائد الاخرى الطريقة الترسيب الكيميائي المشترك منها ان المواد الفرايتية التي تنتج بهذه الطريقة تكون سهلة وعملية واكثر تجانسا ومباشرة لتحضير اكاسيد المعادن واكثر فعلية ونقاوة ومن فوائدها تقليل درجات حرارة التفاعل ولاتحتاج الى درجات حرارة عالية عند التليد لان احجام الجسيمات الناتجة تكون صغيرة .

## 1-3 المقدمة :

تمت في هذه الدراسة تحضير مواد فرايتية من نوع سبنل إذ تم استعمال فرايت النيكل وهو من أكثر انواع الفرايتات شيوعاً ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) وتم إضافة نوع آخر من الفرايت وهو فرايت المنغنيز ( $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ) وبنسب مختلفة ( $x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1$ ). وبعد ذلك تم اضافة الفرايتات المركبة الى العجينة المطاطية المتراكبة لمطاط (SBR) وفقاً للنسب (1,2,3)g تم دراسة خواصها الفيزيائية والكهربائية وقياس نسبة امتصاصها للموجات الراديوية والميكروية. إذ ستطرق في هذا الفصل الى:

1. تحضير المواد الأولية الفرايتية.
  2. تحضير الفرايتات الاساسية والطريقة المستعملة في تحضيرها.
- أ -  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$
- ب -  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$
3. تحضير الفرايتات المركبة وفقاً لقيم  $x$  حيث الفرايت المطلوب وفق المعادلة :
 
$$\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4 \dots \dots \dots (3-1)$$
  4. تحضير المواد الأولية للعجينة المطاطية المتراكبة لمطاط SBR.
  5. تحضير العجينة المطاطية المتراكبة وفق الجدول (3-3)
  6. عملية اضافة المواد الفرايتية الناتجة الى العجينة المطاطية المتراكبة ثم اجراء الفحوصات عليها



الشكل (1-3) : مخطط يبين عملية تحضير العينات

### 2-3 المواد الأولية للمواد الفيريتية :

ان اختيار مواد ذات نقاوة عالية يؤدي الى الحصول على مواد فيرايتية نقية جداً خالية من الشوائب اذ يؤدي وجود الشوائب الى الحصول على مواد فيرايتية ذات خواص مغناطيسية وكهربائية بقيم غير قيمها الحقيقية والجدول الآتي يبين المواد التي تم استخدامها في تحضير المواد الفيريتية.

الجدول (1-3) : المواد المستخدمة في تحضير المواد الفيراتية

اسم المادة	اسم الشركة	النقاوة	الوزن الجزئي
اوكزالات الحديد $FeC_4H_6O_4 \cdot 2H_2O$	Himedia	99.872%	219.49
كربونات المنغنيز $MnCO_3$	Himedia	99.972%	114.95
نترات النيكل $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	J.T.Baker(U.S.A)	99.8%	290.81
كلوريد الحديد $FeCl_3$	Himedia	98.9%	162.21

3-3 تحضير الفرايتات :

1- تحضير فرايت النيكل  $NiFe_2O_4$  :

يتم تحضير فرايت النيكل من اوكزالات الحديد ( $FeC_4H_6O_4 \cdot 2H_2O$ ) ومن كلوريد الحديد ( $FeCl_3$ ) بإتباع الخطوات الآتية:

1-الوزن الجزئي لأكزالات الخارصين 219.49

الوزن الجزئي لكلوريد الحديد هو 162.21

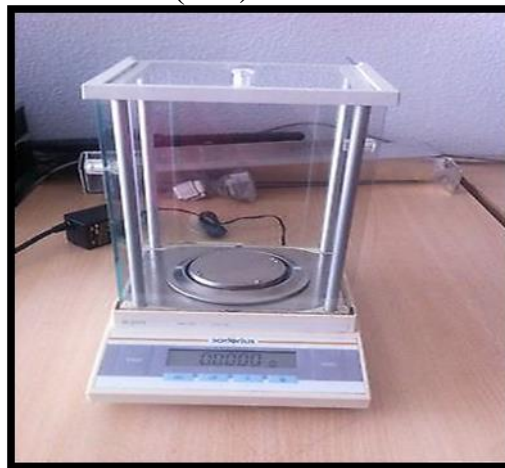
$$n = \frac{w}{w_m} \dots \dots \dots (3-2)$$

حيث n هو عدد المولات

w هو الوزن المطلوب حسابه

$w_m$  الوزن الجزئي

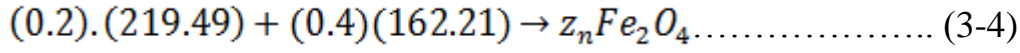
$$w = n \cdot w_m \dots \dots \dots (3-3)$$





## الشكل (2-3) الميزان الكهربائي الحساس .

ومن خلال ملاحظة الناتج النهائي ( $NiFe_2O_4$ ) ان عدد ذرات الحديد هو ضعف ذرات النيكل لذلك تم اضافة ( $0.2mole$ ) من اوكزالات الحديد مقابل ( $0.4$ ) من كلوريد الحديد ومن ثم تكون معادلة حساب الوزن المستخدمة في التفاعل



2- تم مزج ( $0.4mole$ ) من ايونات الحديد الملحية مع ( $0.2$ ) mole من ايونات الخارصين وتم اكمال المزيج الى ( $1$ ) mole وباستعمال الخلط باستعمال خلاط مغناطيسي وباستمرار الخلط تم إضافة هيدروكسيد الامونيوم ( $NH_4OH$ ) الى المحلول لحين وصول  $PH \geq 8$  حيث نحصل على محلول كثيف القوام. وتستمر عملية خلط حوالي 3 ساعات. وبعد ذلك تجري عملية الترشيح للمحلول باستعمال مرشحة بوخزر وبالاستعانة بورق الترشيح وبعد ذلك يتم وضع الناتج في دورق زجاجي وتتم عملية غسله لأكثر من مرة باستخدام الماء المقطر الايوني للتخلص من الشوائب العالقة ان وجدت خصوصاً هيدروكسيد الامونيوم. وبذلك حصلت على هيدروكسيدات معدنية بدلاً من الايونات الموجبة للفلزات والتي تتفكك بالحرارة بسهولة مكونة اوكسيد المعدن في طور السبيل يتميز بتجانسه وحجمه الحبيبي الصغير .



الشكل (3-3) يمثل الخلاط المغناطيسي

(1) نجري عملية التجفيف في درجة حرارة  $473\text{ k}$  ولمدة 24 ساعة.



الشكل (3-4) يمثل فرن التجفيف

- (2) نجري عملية سحق باستخدام طاحونة سيراميكية ولمدة 6 ساعات.
- (3) بعد اكمال عملية سحق الناتج يتم وضعه في بودقة سيراميكية تمتاز بتحملها لدرجات الحرارة العالية وتوضع في فرن ويتم رفع درجة الحرارة بمعدل 10 درجات بالدقيقة لحين الوصول الى درجة حرارة 1073 k حيث تبقى عند هذه الدرجة لمدة 6 ساعات ويترك بعدها الفرن مدة كافية من الزمن حتى يبرد ويتم اخراج المواد وتجري عليها عمليات السحن والطحن مرة أخرى ولمدة 4 ساعات حتى يصبح الناتج متجانس.



الشكل (3-5) يمثل فرن الحرق

(4) نجري فحص (X-ray) للنتائج للتأكد من الحصول على طور السينل وذلك بالمقارنة مع الكارت القياسي.



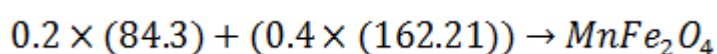
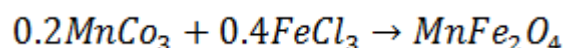
الشكل (3-6) يوضح صورة جهاز XRD

(5) تجري عملية حرق للنتائج في فرن حراري تكون درجة حرارته 1273 k وهو ما يعرف بالتلييد حيث يتم التسخين بمعدل  $10^{\circ}\text{C}$  حتى نصل الى درجة حرارة 773 k وتستمر عند هذه الدرجة لمدة ساعة وبعد ذلك نبدأ بزيادة درجة الحرارة وبنفس المعدل السابق حتى تصل

درجة الحرارة الى 1073 k ويترك لمدة ساعة أيضاً عند هذه الدرجة ثم ترفع درجة الحرارة الى 1000°C وهي درجة حرارة النهائية.

## 2- تحضير فرايت المنغنيز $MnFe_2O_4$ :

(1) يتم استعمال نفس الخطوات السابقة المستعملة نفسها في تحضير فرايت النيكل ( $NiFe_2O_4$ ) إذ تم حساب الكتلة لكل مادة من المواد في تحضير فرايت المنغنيز وهي كاربونات المنغنيز ( $MnCO_3$ ) وكلوريد الحديد ( $FeCl_3$ ) مع ملاحظة ان عدد ذرات الحديد الناتجة في الناتج النهائي ( $MnFe_2O_4$ ) هو ضعف ذرات المنغنيز.



وبتكرار الخطوات نفسها من 3-5 المستخدمة في تحضير فرايت النيكل .

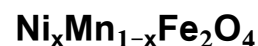
(2) تم فحص الناتج النهائي باستخدام (X-ray) لغرض التأكد من حصولنا على طور السنبل .

الجدول (3-2) : يبين الكتل بالغرامات للمواد في تحضير الفرايتات المطلوبة

الصيغة الكيميائية للمركب الفرايتي	كتلة كلوريد الحديد المطلوبة (غم)	كتلة اوكزالات الحديد المطلوبة (غم)	كتلة كاربونات المنغنيز المطلوبة (غم)	كتلة نترات النيكل المطلوبة (غم)
$NiFe_2O_4$	64.884	43.898	-	-
$MnFe_2O_4$	64.884	-	16.8628	-

## 3-4 تحضير الفرايتات المركبة :

أ- فرايت النيكل منغنيز ذات الصيغة العامة



1. في حالة x يساوي صفر يكون الوزن المطلوب من فرايت الزنك  $NiFe_2O_4$  يساوي صفر . ويكون الوزن المطلوب من فرايت المنغنيز  $MnFe_2O_4$  يساوي 10g .
2. في حالة x=0.2 في هذه الحالة فإن الصيغة العامة تصبح  $Ni_{0.2}Mn_{0.8}Fe_2O_4$  وبهذا تكون الكمية المطلوبة لتحضير هذا المركب هي 2g من فرايت النيكل لان نسبته في المركب هي 0.2 بينما تحتاج الى (8g) من فرايت المنغنيز وذلك لان نسبته تساوي 0.8 .

3. في حالة  $x=0.4$  تكون الصيغة العامة هي  $Ni_{0.4}Mg_{0.6}Fe_2O_4$  نلاحظ ان نسبة فرايت النيكل تساوي 0.4 أي نحتاج الى (4g) من فرايت النيكل بينما نسبة فرايت المنغنيز هي 0.6 أي نحتاج الى 6g من هذا الفرايت.
4. في حالة  $x=0.6$  تكون الصيغة العامة هي  $Ni_{0.6}Mg_{0.4}Fe_2O_4$  في هذه الحالة نحتاج الى 6g من فرايت النيكل والى (4g) من فرايت المنغنيز .
5. في حالة  $x=0.8$  تكون الصيغة العامة هي  $Ni_{0.8}Mg_{0.2}Fe_2O_4$  في هذه الحالة نحتاج الى 8g من فرايت النيكل والى (2g) من فرايت المنغنيز.
6. في حالة  $X=1$  تكون الصيغة العامة هي  $NiFe_2O_4$  في هذه الحالة نحتاج الى 10g من فرايت النيكل لأن قيمته في المركب تساوي (1) تبعاً لنسبته في الفرايت المركب. يتم خلط كل مركب على حدة ولمدة 24 ساعة للحصول على تجانس أكبر للمركب الفرايتي وبذلك نكون قد حصلنا على المركبات الفرايتية المطلوبة التي يتم اضافتها الى العجينة المطاطية المتراكبة التي تم تحضيرها وتشكيل العينات المطلوبة لغرض اجراء الفحوصات عليها.

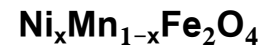
الجدول ( 3-3 ) يمثل تحضير الفرايت المتراكب  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

SBR RUBBER	$Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$	X(PPhr)
100	$Ni_0Mn_{1-0}Fe_2O_4$	0
100	$Ni_{0.2}Mn_{1-0.2}Fe_2O_4$	0.2
100	$Ni_{0.4}Mn_{1-0.4}Fe_2O_4$	0.4
100	$Ni_{0.6}Mn_{1-0.6}Fe_2O_4$	0.6
100	$Ni_{0.8}Mn_{1-0.8}Fe_2O_4$	0.8
100	$Ni_1Mn_{1-1}Fe_2O_4$	1

### 5-3 تحضير العجينة المطاطية المتراكبة (Preparation of rubber composite)

ان المواد جميعها التي استخدمت في تحضير العجينة المطاطية المتراكبة لمطاط SBR تكون ممزوجة مع بعضها والجدول (3-4) ، يبين المواد التي تم استخدامها في انتاج المادة المتراكبة المكونة من العجينة المطاطية المتراكبة لمطاط SBR والفرايت وتم بعد ذلك اجراء الفحوصات عليها.

الجدول (3-4) : المواد المكونة للمادة المتراكبة المطاطية والفرايت ذات الصيغة



المادة	Pphr
مطاط (SBR)	100
حامض الستاريك	15
كبريت	15
او كسيد الزنك	6
C.B N320	60
زيت الخروع Castor Oil	15
TMQ	3
TMTD	4
MBTS	1
$\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$	1,2,3

تمرر مكونات العجنت المطاطية الموضحة في جدول (3-3) في العصارة المختبرية نوع (comerio ercole busto avsizo) ايطالية الصنع تحتوي على رولتين قطر الرولة الواحدة (150mm) وطولها (300mm) وتجري عملية العصر بتمرير المطاط بين الرولتين عدة مرات مع تصغير فتحة الرولتين تجري هذه العملية عند درجة حرارة المختبر واطافة بقية المكونات بحسب الجدول (4-4) .

الجدول (3-5) : طريقة العصر في العصارة المختبرية

الوقت (دقيقة)	الوصف	الفقرة
5	تمرير المطاط SBR بين رولتي العصارة لبضعة مرات مع تقليل المسافة بين الرولتين من (1mm الى 0.5mm) عند درجة حرارة المختبر	1
5	اطافة الكبريت مع الخلط المستمر	2

5	اضافة اوكسيد الخارصين مع الخلط المستمر	3
5	اضافة حامض الستياريك	4
8	اضافة الزيوت بواقع (1-5 mm/min) مع الخلط المستمر	5
5	اضافة المعجل	6
5	اضافة مضادات التقادم	7

بعد ان تتم عملية تحضير المادة المطاطية المركبة لمطاط SBR يتم اضافة مركبات الفرايت الى العجينة المطاطية المركبة وتضاف العمليات في الجدول (3-4) للفولاذ مراراً عدة ولمدة (15min) .

وبعد ذلك تكون العجينة جاهزة لتحضير صفائح من المطاط - فرايت وذلك بوضع العجينة المطاطية في خزان بابعاد (100×100×2 mm) وتكبس في مكبس حراري هيدروليكي تحت درجة حرارة (150 C) لكي تتحقق الفلكنة ولمدة (20min) بعد ذلك نستخرج الصفائح المطاطية وتبرد ومن ثم اجراء القياسات المختبرية الكهربائية والمغناطيسية .

### 3-6 اجهزة القياس :

#### 1- جهاز قياس الحثية السعوية المقاومة (LCR meter)

جهاز LCR ميتر يستخدم في تحديد قيم العازلية الكهربائية بجزئها الحقيقي والخيالي وكذلك ظل زاوية فقدان العزل الكهربائي.

إذ تم دراسة خواص العزل للمادة المركبة المحضرة بطريقة الترسيب الكيماوي المشترك إذ اجريت القياسات في المدى الترددي من (0.5 → 5) MHz إذ تم تسجيل السعة المقابلة لكل تردد وكذلك زاوية فقد الظل الكهربائي او ما يسمى عامل الفقد (D) وبعد ذلك تم حساب ثابت العزل من العلاقة

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} \dots \dots \dots (3-5)$$

إذ A المساحة السطحية للعازل ((العينة المراد فحصها))

$\epsilon_0$  سماحية الفراغ وتساوي  $8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m

$\epsilon_r$  هي سماحية العينة المراد قياسها.

C السعة المحسوبة.

وتم حساب الجزء الخيالي من العلاقة

$$\hat{\epsilon} = \epsilon \times \tan \delta \dots \dots \dots (3-6)$$

وكذلك تم حساب المقاومة الكهربائية من العلاقة

$$\rho = R \cdot \frac{A}{d} \dots \dots \dots (3-7)$$

حيث :

- المقاومة بوحدة  $\Omega.m$
- المساحة السطحية للعينة.  $A$
- سمك العينة.  $d$



الشكل (3-7) يوضح جهاز (LCR Meter) المستخدم

## 2- جهاز الاهتزازية المغناطيسية (VSM) Vibrating Sample Magnetometry

وهو جهاز يستعمل لقياس حلقة الهسترة المغناطيسية والخصائص المغناطيسية الأخرى إذ أجريت الفحوصات على هذا الجهاز في مركز الرازي للبحوث والدراسات في إيران ويمكن إجراء الفحوصات على النماذج المحضرة اما بشكل مسحوق او بشكل مكبوسات صلبة حيث توضع المادة المراد قياس الخواص المغناطيسية لها في كبسولة صغيرة خاصة وعادة تكون كتلة العينة المراد فحص الخواص المغناطيسية لها تتراوح بين (30-60) mg إذ تم وزن الكتل قبل فحصها لكل عينة؛ لان المغناطيسية المحسوبة تكون نسبية لكتلة المادة المفحوصة وايضاً نسبة الى نموذج قياسي ذات خواص مغناطيسية معروفة لأجل مقارنتها بالعينات المفحوصة وفي هذا البحث تم استخدام النيكل والشكل (3-2) يوضح جهاز VSM المستعمل في فحص العينات المحضرة في هذه الدراسة فعند وضع العينات في مجال مغناطيسي منتظم ينتج عن ذلك عزم دايبولي في النموذج.

ان كمية الفيض المغناطيسي لأي ملف يوضع بجوار هذا الفيض المغناطيسي يعطي.

$$\phi = \mu_0 n a M \dots \dots \dots (3-8)$$

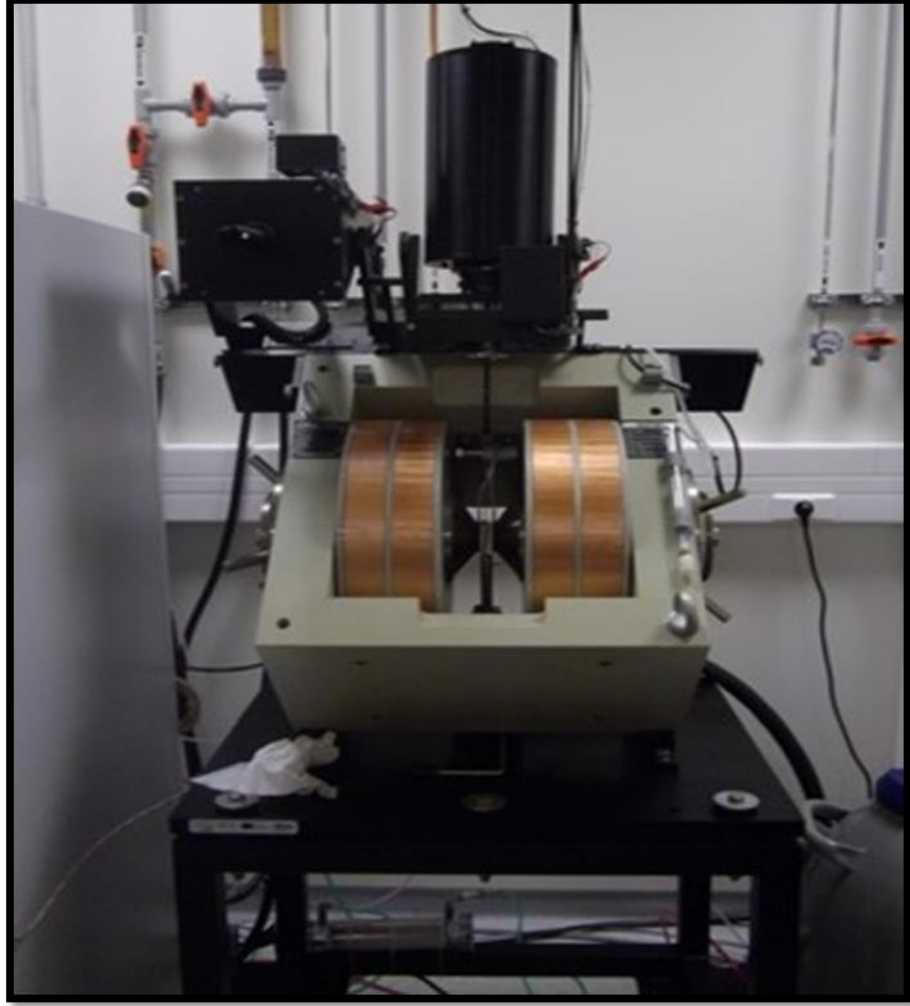
حيث  $\mu_0$  هي النفاذية المغناطيسية للفراغ

$n$  عدد الدورات لكل واحدة طول للملف.

$M$  العزم المغناطيسي للنموذج.



$\alpha$  : عامل هندسي للعزم يحدد بواسطة موقع العزم بالنسبة الى الملف وكذلك بالنسبة لشكل الملف.



الشكل (3-8) : يوضح جهاز VSM

### 3- قياس توهين الموجات الرادارية (VAA)(Vector Analytical Analysis):

استعمل جهاز vector analytical analysis الموضح في الشكل (3-4) لقياس توهين الموجات المايكروية في المدى الموجي من  $(8-12)GHz$  إذ حضرت العينات بأبعاد  $22 \times 9$  ملم وبحسب الدليل الموجي المستعمل ويستعمل هذا الجهاز لقياس معاملات الاستطارة  $S_{11}, S_{21}$  للموجات الكهرومغناطيسية كذلك لقياس المساحية المعقدة والنفاذية المعقدة في ترددات مختلفة في حزمة X band او K band وغيرها من الحزم الترددية على ان يكون لكل حزمة دليل موجي خاص بها إذ تختلف ابعاد نموذج الدليل الموجي باختلاف الحزمة المراد قياس معاملات الاستطارة لها او قياس ثابت العزل ولتجنب الفجوة الهوائية تم ربط حواف الدليل الموجي بموصل مثالي ولحساب معامل الانعكاس تم استعمال المعادلة الآتية:

$$\Gamma = 20 \log(RC) \dots \dots \dots (3-9)$$

إذ  $\Gamma$  الفقدان في طاقة الانعكاس و  $RC$  هو معامل الانعكاس ومن أجل حساب السماحية المعقدة والنفذية المعقدة تم استخدام المعادلات الآتية: [103]

$$Z = \frac{V_{1-RC}}{1-V_1RC} \dots \dots \dots (3-10)$$

$$V_1 = S_{21} + S_{11}$$

$$V_2 = S_{21} - S_{11}$$

إذ  $S_{11}$  معامل الاستطارة للأشعة المنعكسة

و  $S_{21}$  معامل الاستطارة للأشعة النافذة

ويمكن حساب الممانعة الكلية للموجة الكهرومغناطيسية اثناء مرورها خلال العينة المراد حساب السماحية النسبية او النفذية النسبية لها من خلال المعادلة الآتية:

$$\frac{\mu_r}{\epsilon_r} = \left( \frac{1+RC}{1-RC} \right)^2 = C_1 \dots \dots \dots (3-11)$$

حيث  $RC$  معامل الانعكاس

وايضاً لدينا

$$\mu_r \epsilon_r = - \left( \frac{c}{\omega d} \ln \left( \frac{1}{z} \right) \right)^2 = C_2 \dots \dots \dots (3-12)$$

حيث  $C$  سرعة الضوء

$d$  سمك النموذج

$\omega$  التردد الزاوي وتساوي  $2\pi f$  وبالتالي تكون السماحية النسبية تساوي

$$\epsilon_r = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \dots \dots \dots (3-13)$$

والنفذية النسبية تساوي

$$\mu_r = \sqrt{C_1 C_2} \dots \dots \dots (3-14)[103]$$



الشكل (3-9) : يوضح جهاز توهين الموجات الرادارية

#### 1-4 الخواص التركيبية (Structural Properties) :

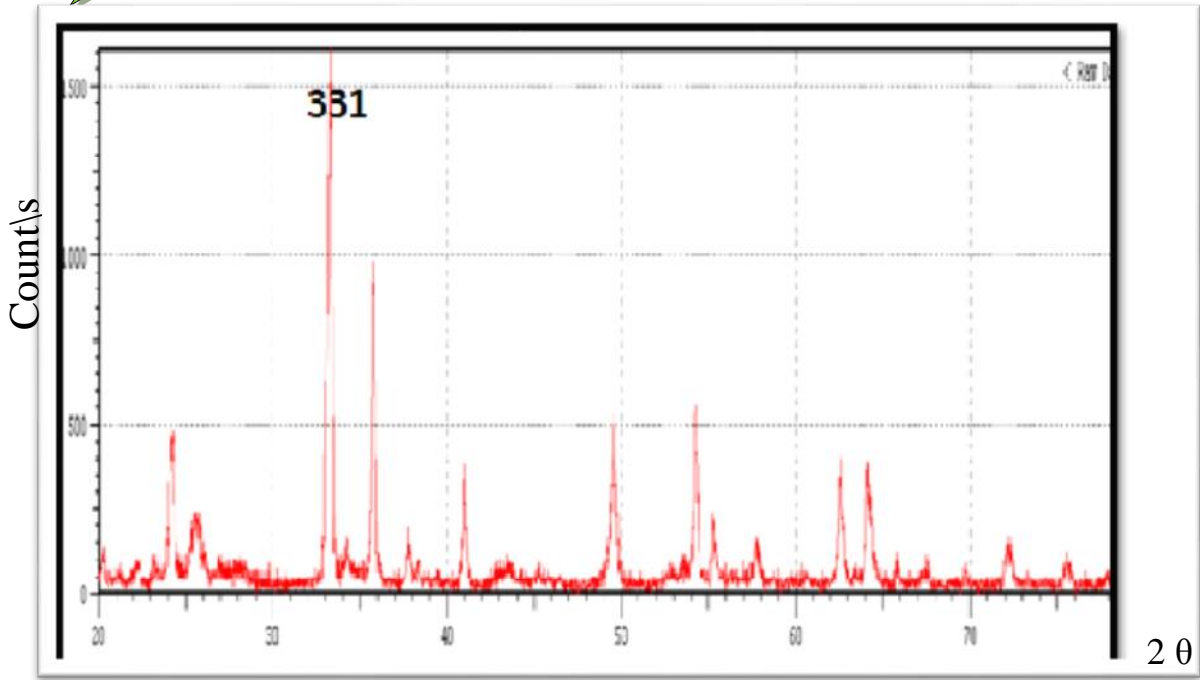
ان مساحيق المواد الفرايتية التي تم تحضيرها بواسطة الطريقة الكيماوية حلتت بواسطة تقنية حيود الاشعة السينية إذ كانت مواصفات الجهاز المستعمل هي:

**الهدف :** نحاس (Cu) الطول الموجي المستعمل (Wavelength) ( $\lambda = 1.45060$ ) الفولتية المستعملة (Voltage) (40.0 KV) التيار المستعمل (Current) (30.0 mA).

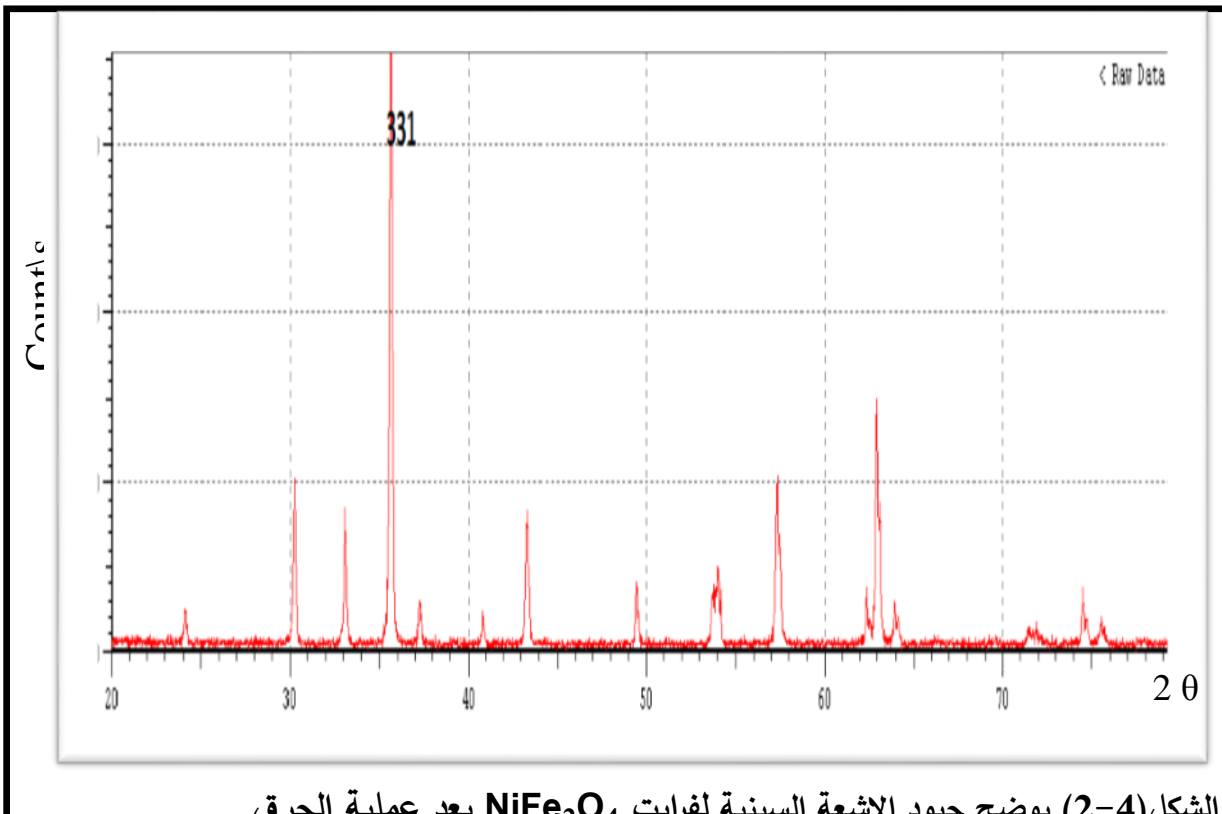
إذ تم مسح النموذج من (20-70)deg بمعدل 0.02 درجة وبسرعة مسح 5deg/Min

وتم فحص النماذج المحضرة على مرحلتين الاولى بعد عملية الكلسنه وهي عملية الحرق الاولى للنتائج للتأكد من حصولنا على طور السبنل فرايت إذ تمت عملية الحرق عند درجة حرارة  $0^{\circ}\text{C}$  (800) وبعد عملية القياس تم الحصول على طور السبنل مع وجود اطوار ثانوية بسبب وجود الشوائب والتي تكون الهيدروكسيدات اكبر الشوائب المسببة لهذه الاطوار وكان الاتجاه الافضل هو (331) كما توضحه الاشكال من (1-4)، (3-4).

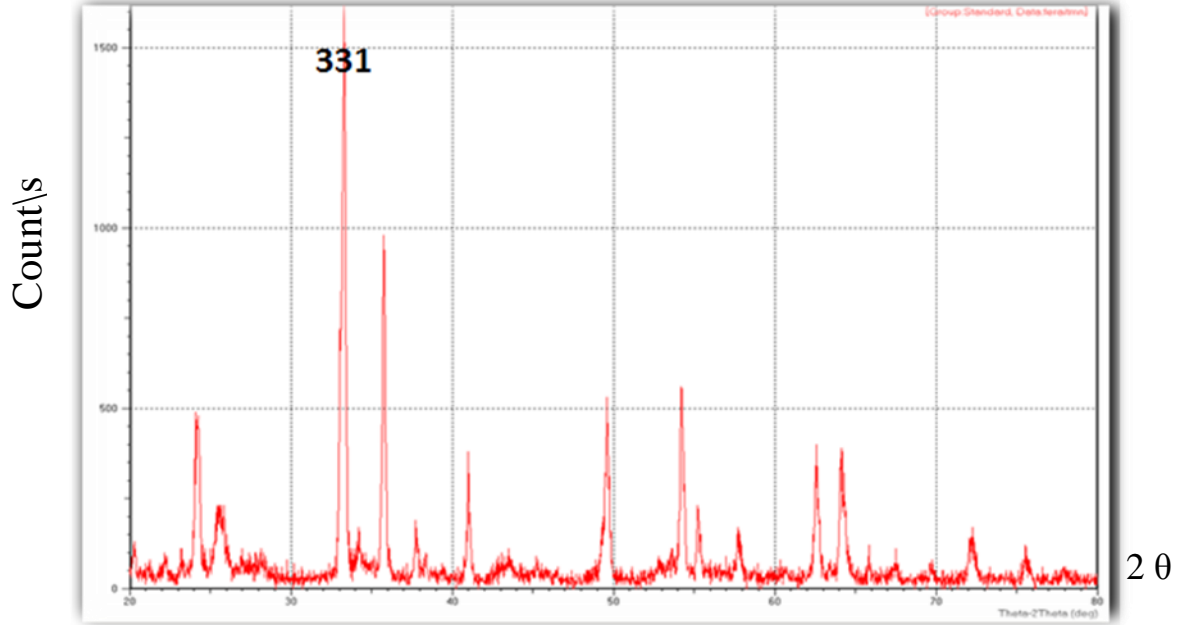
اما في المرحلة الثانية فتم تحليل مساحيق المواد المحضرة بعد عملية الحرق النهائي التي تمت في درجة حرارة  $0^{\circ}\text{C}$  (1000) وبعد عملية الفحص تم التأكد من التخلص من الاطوار الثانوية الناتجة بسبب الشوائب وكما موضح في الاشكال (2-4)، (4-4).



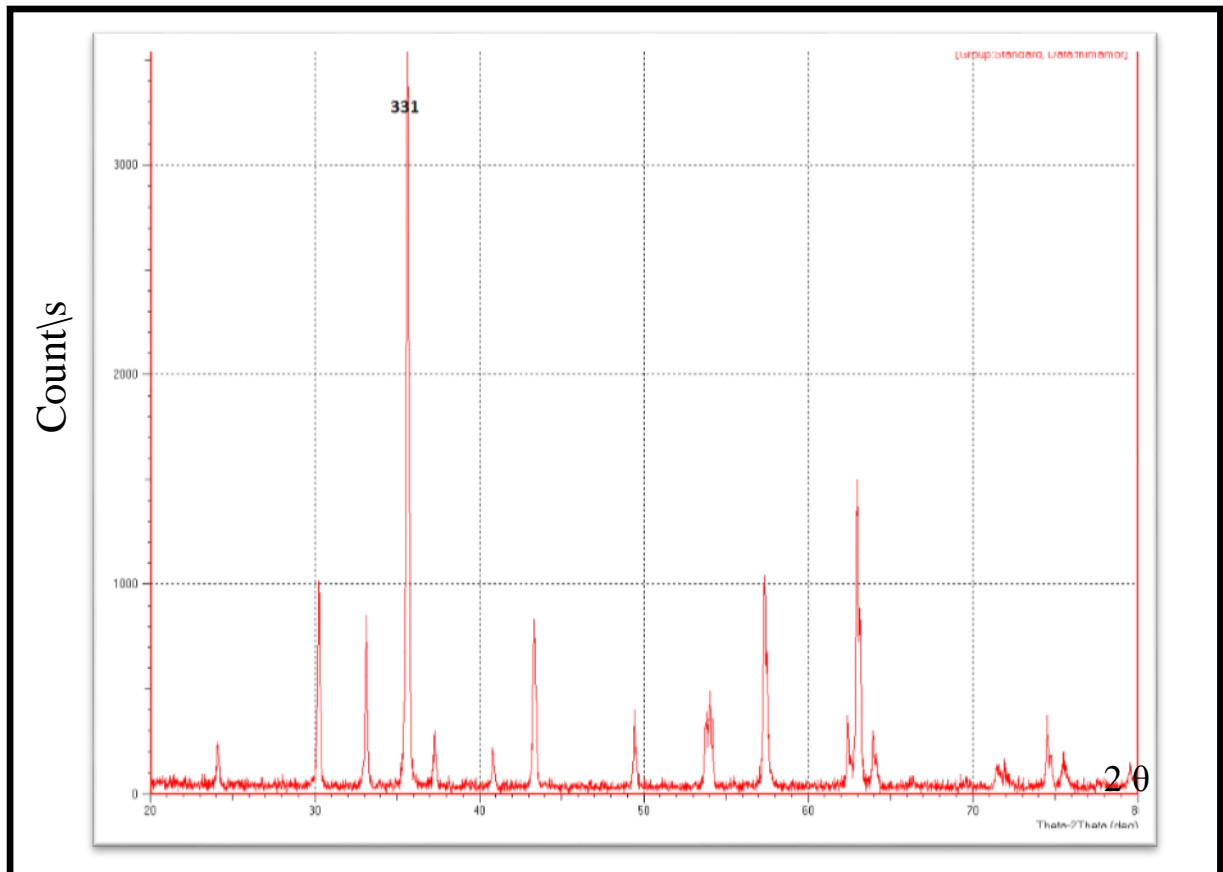
الشكل (1-4) يوضح حيود الاشعة السينية ل نفايريت  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  بعد عملية الكلسنة



الشكل (2-4) يوضح حيود الاشعة السينية ل نفايريت  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  بعد عملية الحرق



الشكل (3-4) يمثل حيود الأشعة السينية لفرايت  $MnFe_2O_4$  بعد عملية الكلسنة



الشكل (4-4) يمثل حيود الأشعة السينية لفرايت  $MnFe_2O_4$  بعد عملية الحرق

2-4 فحوصات VSM :

تمثل الاشكال من (3-5) الى (4-10) نتائج فحوصات التخلف المغناطيسي وتبين الاشكال ان المواد الفريتية التي قمنا بتحضرها هي مواد (soft ferrite) وبذلك تم الحصول على توافق بين ما تم الحصول عليه من نتائج حيود الاشعة السينية وبين ما تم الحصول عليه من حلقات التخلف المغناطيسي.

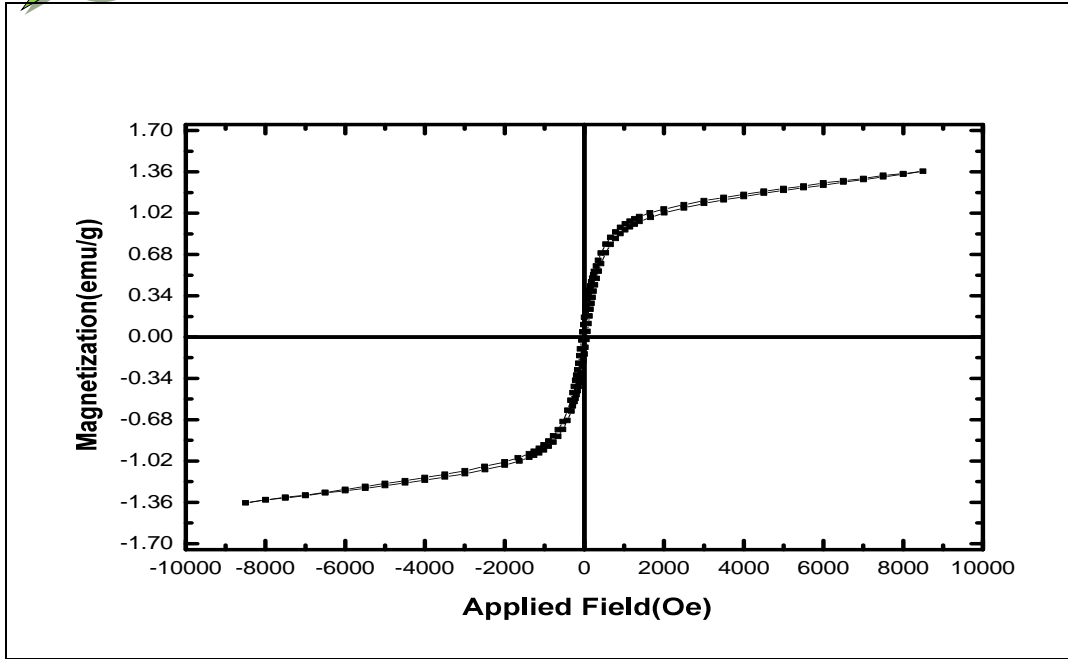
والجدول (4-1) يبين القيم التي تم استخراجها من فحوصات VSM إذ تم ايجاد كل من تمغنط الاشباع، والمغنطة المتبقية وكذلك القوة القهرية.

#### الجدول (4-1) : نتائج فحوصات VSM

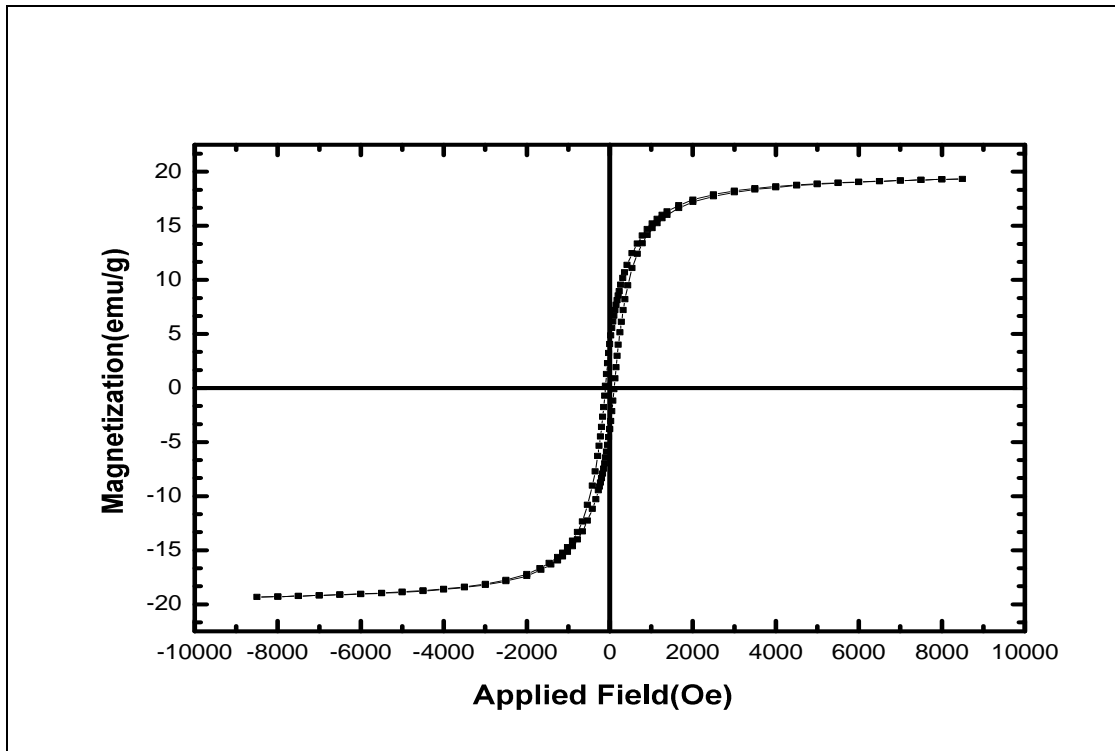
$Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$	$\delta_s$	$\delta_r$	$H_c$
$Ni_0Mn_{1-0}Fe_2O_4$	1.37	1.01	22.7
$Ni_{0.2}Mn_{1-0.2}Fe_2O_4$	5.36	4.28	33
$Ni_{0.4}Mn_{1-0.4}Fe_2O_4$	14	12	22.3
$Ni_{0.6}Mn_{1-0.6}Fe_2O_4$	15	13	28.4
$Ni_{0.8}Mn_{1-0.8}Fe_2O_4$	16	14	30
$Ni_1Mn_0Fe_2O_4$	19	17	27.3

وتبين  
صغر  
حلقة  
التخلف

ف المغناطيسي على ان المواد التي تم الحصول عليها هي مواد (Soft Ferrite) كذلك يلاحظ صغر القوة القهرية.

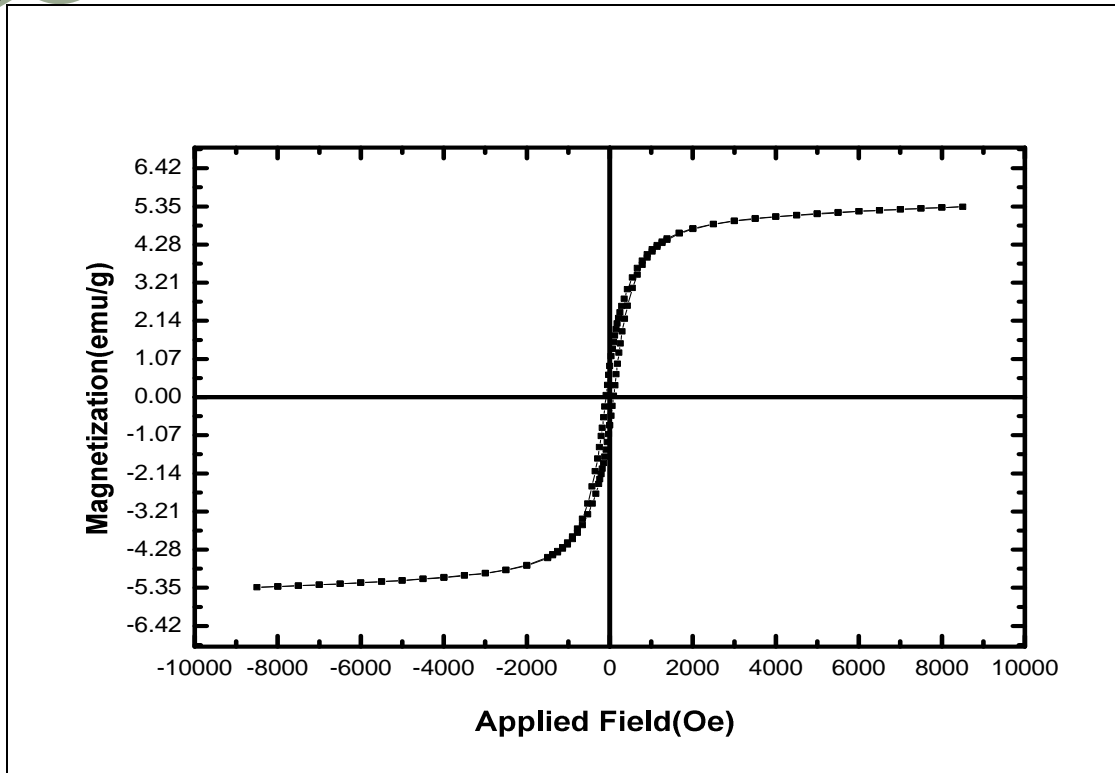


الشكل (4-5) حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت (  $\text{Ni}_0\text{Mn}_{1-0}\text{Fe}_2\text{O}_4$  )

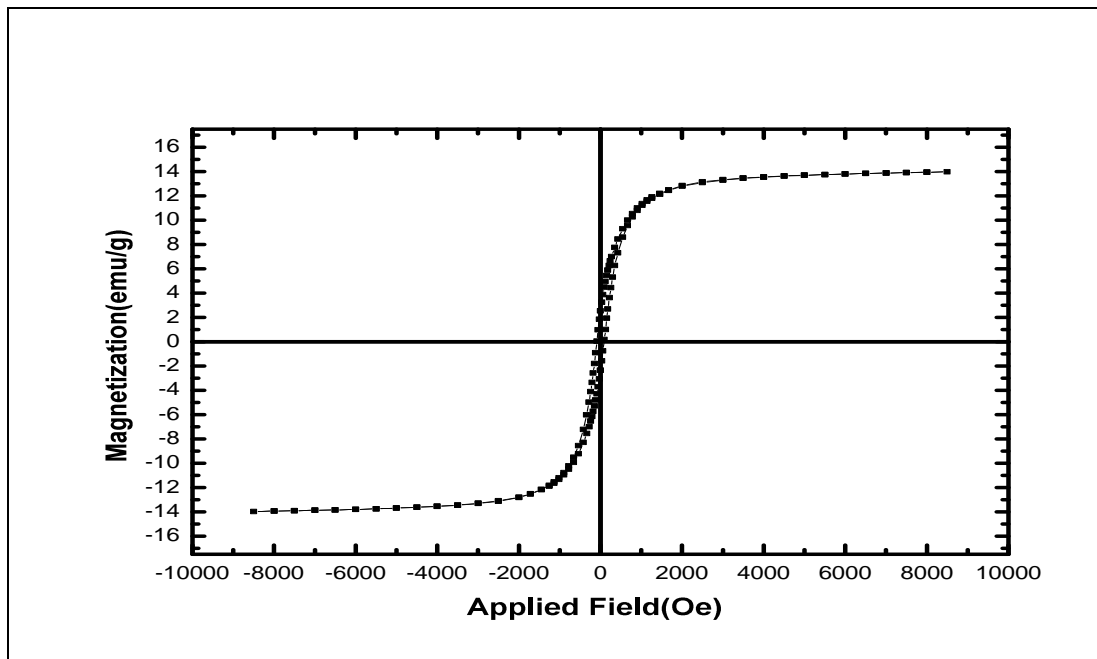


الشكل (4-6) : حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت (  $\text{Ni}_1\text{Mn}_0\text{Fe}_2\text{O}_4$  )

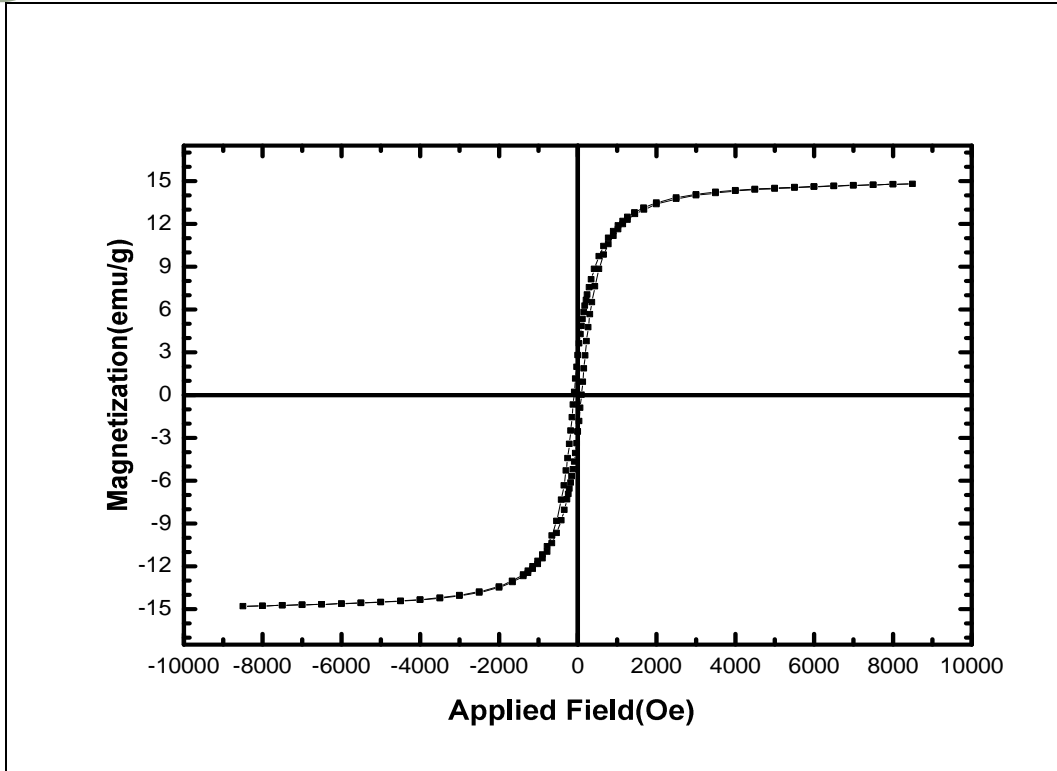




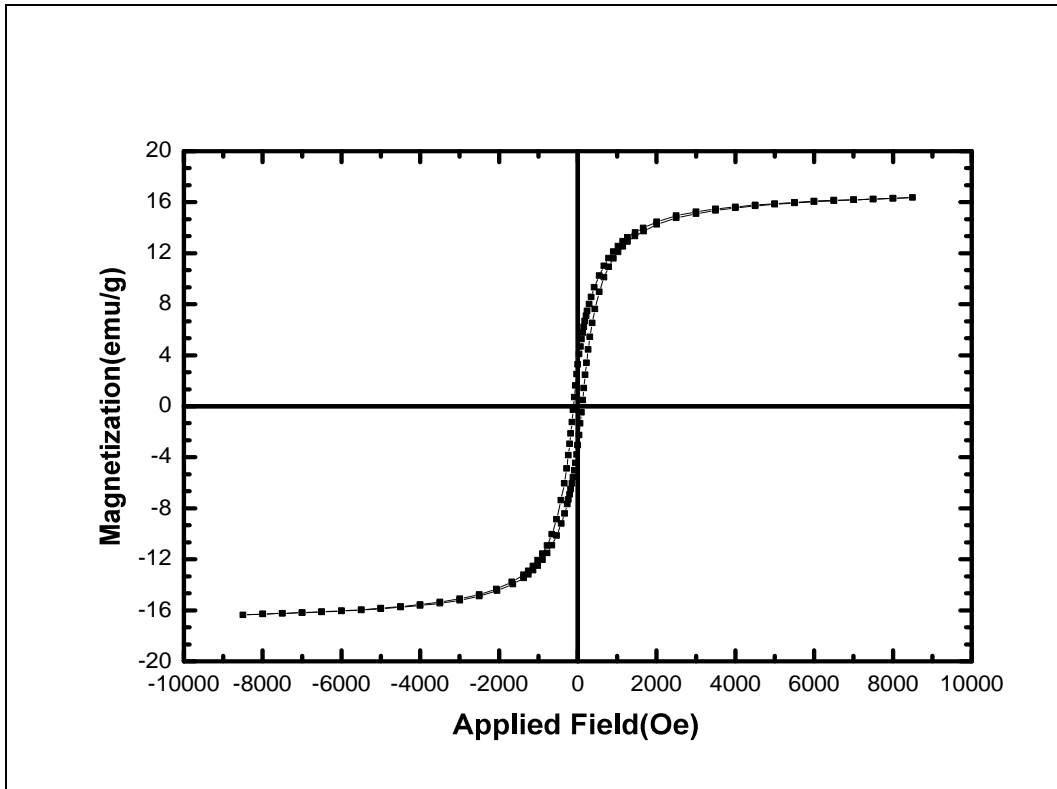
الشكل (4-7) : حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت (  $\text{Ni}_{0.2}\text{Mn}_{1-0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  )



الشكل (5-8) : حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت (  $\text{Ni}_{0.4}\text{Mn}_{1-0.4}\text{Fe}_2\text{O}_4$  )



الشكل (4-9) : حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت  $(\text{Ni}_{0.6}\text{Mn}_{1-0.6}\text{Fe}_2\text{O}_4)$



الشكل (4-10) : حلقة الهسترة المغناطيسية لفرايت  $(\text{Ni}_{0.8}\text{Mn}_{1-0.8}\text{Fe}_2\text{O}_4)$

3-4 ثابت العزل الحقيقي :

تمت دراسة تصرف ثابت العزل الحقيقي للعينات المحضرة مع التردد ضمن المدى المحصور من  $0.5-5$  MHz. وقد لوحظ تناقص ثابت العزل وللعينات المحضرة جميعها بازدياد التردد.

ونلاحظ من خلال الاشكال [(11-4)-(13-4)] العلاقة بين ثابت العزل الحقيقي والتردد. ان تصرف ثابت العزل الحقيقي في المواد الفريتية يمكن شرحه على اساس آلية استقطاب العازل والذي يشابه بدوره تصرف التوصيلية الكهربائية للمادة ذاتها. وقد درس العديد من الباحثين العلاقة والارتباط القوي بين آلية التوصيلية الكهربائية وثابت العزل الكهربائي اذ فسروا تصرف العازل معتمدين على كمية الوفرة من الايونات الموجبة  $Fe^{+2}$  و  $Fe^{+3}$  محددة بالاستقطاب مما يؤدي الى نشوء ثابت العزل الكهربائي. [106,107]

ونلاحظ من خلال الترددات المستعملة ان هناك انخفاضاً في قيمة ثابت العزل وذلك لان الاستقطاب الناتج عن الاستقطاب البيئي او الشحنة الفراغية قد انتهى وهذا يعني ان زمن الاسترخاء قد اقترب من الصفر بالنسبة للشحنات الموجبة او السالبة المتواجدة على الحدود الحبيبية. وذلك لان كتلتها تكون اكبر بكثير من كتلته الالكتروني والايون وثنائيات القطب وهذا يعني ان زمن الاسترخاء هو الذي يفصل بين هذا النوع من الاستقطاب والانواع الأخر من الاستقطاب المتبقية.

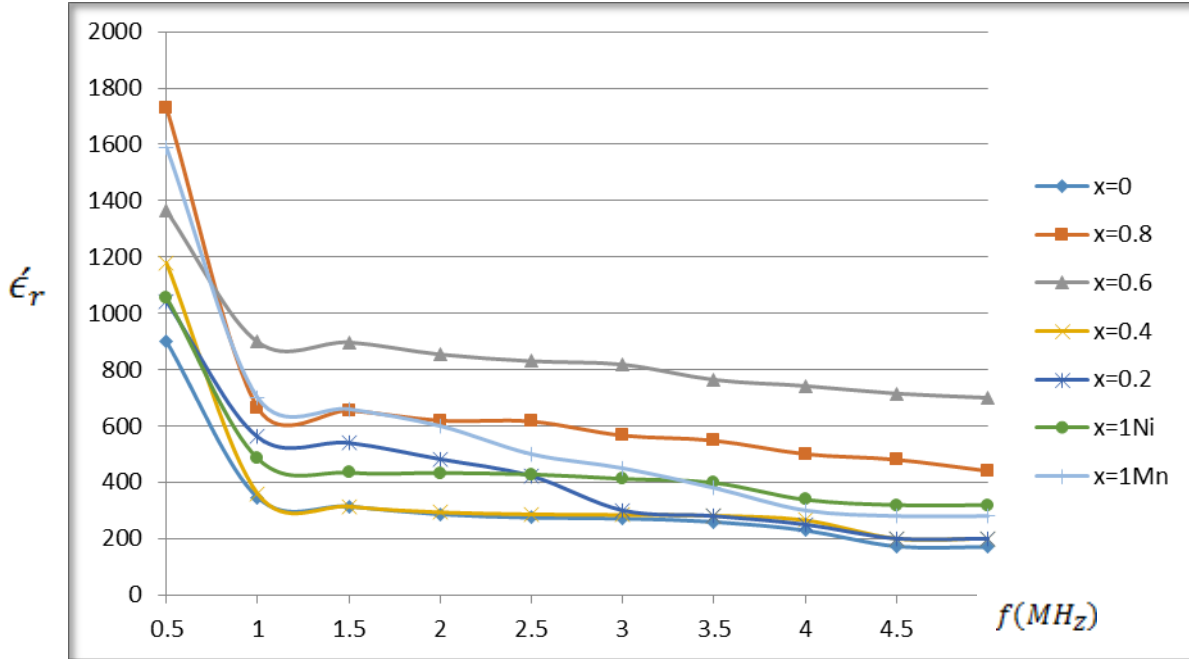
كما ان هناك العديد من العوامل التي تؤثر على ثابت العزل مثل تقنية التحضير، الحجم الحبيبي وكذلك النسبة بين  $(Fe^{+3}/Fe^{+2})$  [108] ان تناقص ثابت العزل الكهربائي مع زيادة التردد يمكن تفسيره بالاعتماد على ظاهرة القفز الالكتروني بين ايوني الحديد  $Fe^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$  [109] في المواقع (B) أي مواقع ثماني السطوح هي كبيرة جداً اذا ما قورنت بالمجال المسلط ولذلك يمكن ان تتضائل بسهولة مع المجال المسلط

وهناك تفسير آخر لظاهرة انخفاض ثابت العزل مع التردد حسب نموذج كوبس [110] وطبقاً لهذا النموذج يمكن اعتبار المواد الفريتية مكونة من طبقتين.

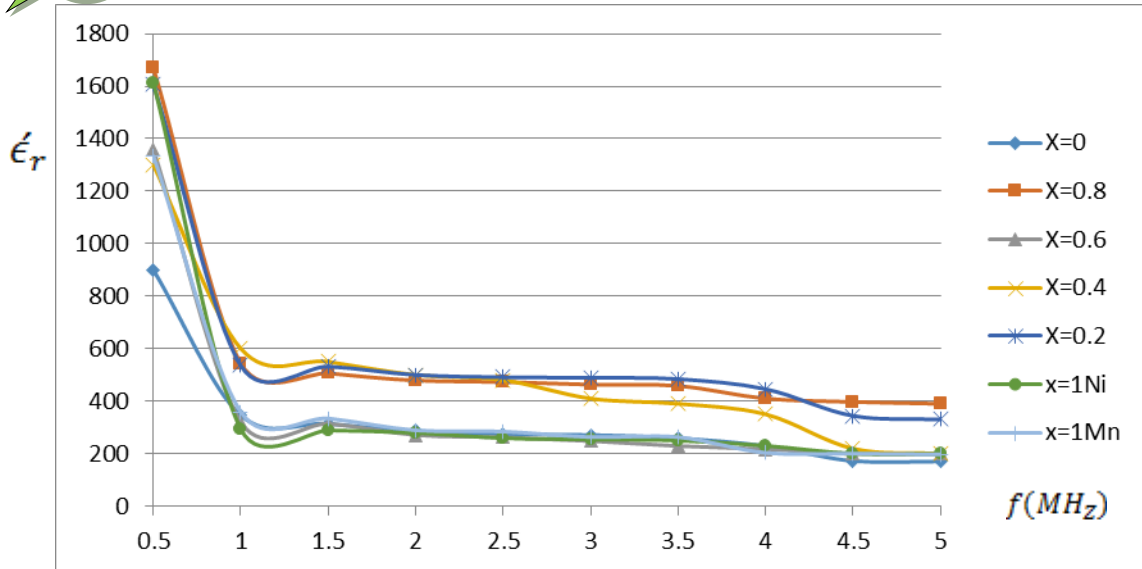
الحبيبات التي يمكن اعتبارها موصلة جيدة وحدود الحبيبات التي يمكن اعتبارها طبقة رديئة التوصيل. حيث تقوم الحدود الحبيبية بالمشاركة في ثابت العزل عند الترددات الواطئة بينما تشارك الحبيبات ذات ثابت العزل الواطئ في الترددات المرتفعة

يتبين من خلال الاشكال ان ثابت العزل الحقيقي ينخفض بزيادة التردد لسلوك وبشكل غير خطي ومن الشكل ايضاً نلاحظ انه كلما ازدادت قيمة  $x$  للنيلك ترتفع قيمة ثابت العزل فعندما تكون قيمة  $(x=0.6)$  يكون التغير كبير بسبب قطر ايون النيكل  $A^{0(91)}$  أكبر من قطر ايون المنغنيز  $A^{0(83)}$  يؤدي الى تشوية في البنية البلورية وبالتالي يزيد من عدد الحدود الحبيبية مما يؤدي الى زيادة في مقدار المقاومة مما يؤدي الى زيادة ثابت العزل وعند الزيادة من

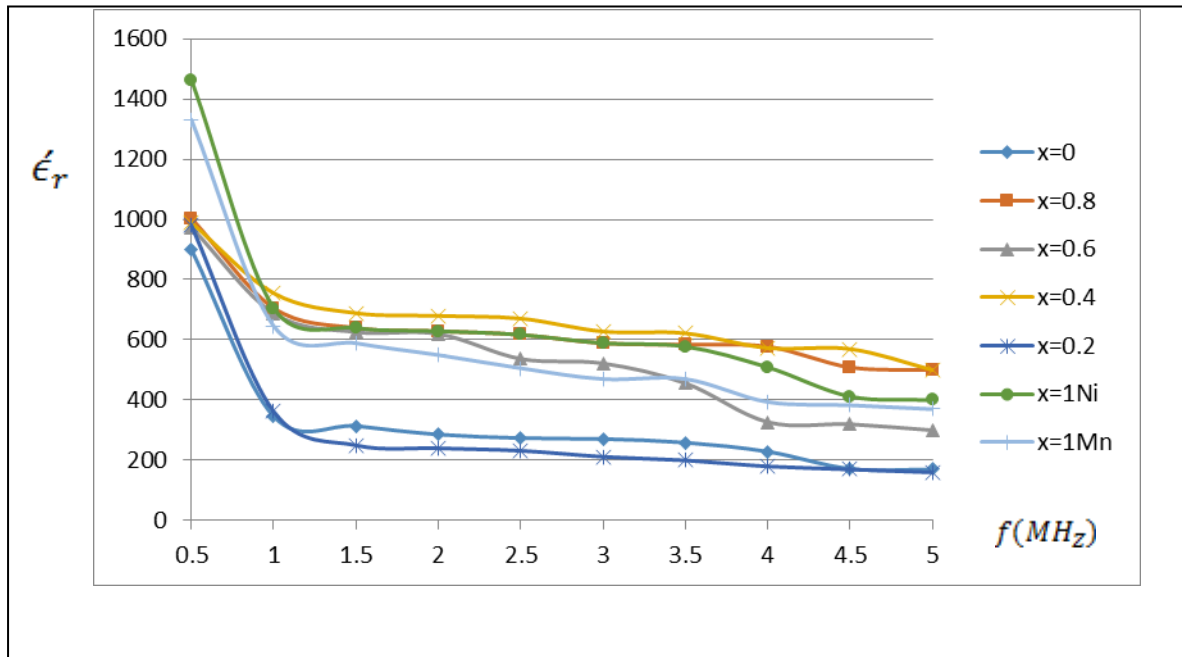
قيمة  $x$  من 0.6 فاكثر يكون التغير قليل ثم يقل اكثر بزيادة قيمة  $x$  وذلك لان زيادة التركيز النيكل يؤدي الى قلة التشوه البلوري وقلة الحدود الحبيبية وكذلك الحال بالنسبة لثابت العزل الخيالي اما بالنسبة للمقاومية فأنها تقل تدريجياً وبشكل غير خطي مع زيادة التردد في حين تزداد المقاومية بشكل عام عند زيادة قيمة  $x$  للنيكل وهذا يعزى الى السبب اعلاه كون قطر النيكل اكبر من قطر ايون المنغنيز وبالتالي يزيد من التشوه البلوري في الشبكية الاساس وكثرة الحدود الحبيبية.



الشكل (4- 11) يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 1 غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمتراب المطاطي.



الشكل (12-4) يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 2 غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمترابك المطاوي.



الشكل (13-4) يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 3 غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمترابك المطاوي.

#### 4-4 ثابت العزل الخيالي :

تظهر الاشكال في (4-14) الى (4-16) سلوكية ثابت العزل الخيالي او ما يعرف بخسارة العازل مع التردد من  $(0.5-5) MHz$  إذ نلاحظ تناقص قيم ثابت العزل الخيالي بزيادة التردد له سلوك مشابه لما يديه ثابت العزل الحقيقي ويمكن تفسير هذا السلوك ايضاً استناداً الى نموذج كوبس الذي ينص على ان المواد الفراييتية مكونة من طبقتين الاولى تمثل الحدود الجيبية

ومن صفات هذه المنطقة انها ذات عازلية كبيرة. اما المنطقة الثانية فهي منطقة الحبيبات وفيها تكون العازلية اقل من المنطقة الاولى التي تتصف بتوصيلية اعلى كذلك ان اعتماد ثابت العزل الخيالي على ثابت العزل الحقيقي بحسب المعادلة:

$$\epsilon'' = \epsilon' \times \tan\delta \dots \dots \dots (1-4)$$

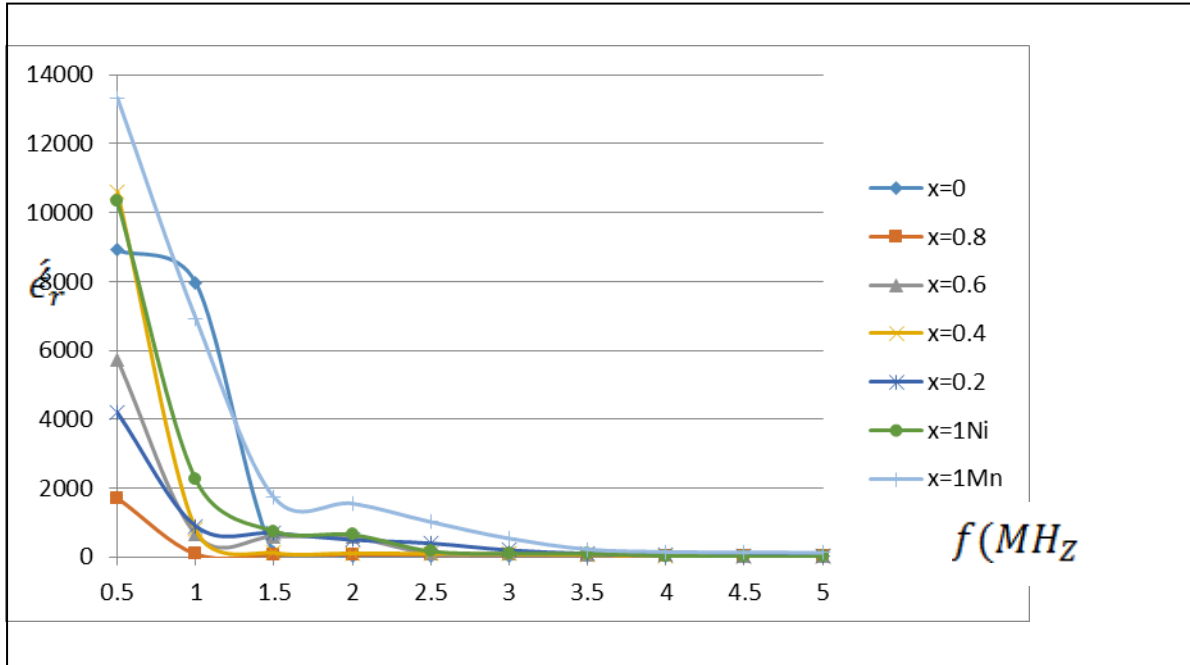
إذ  $\epsilon''$  هو ثابت العزل الخيالي

و  $\epsilon'$  هو ثابت العزل الحقيقي

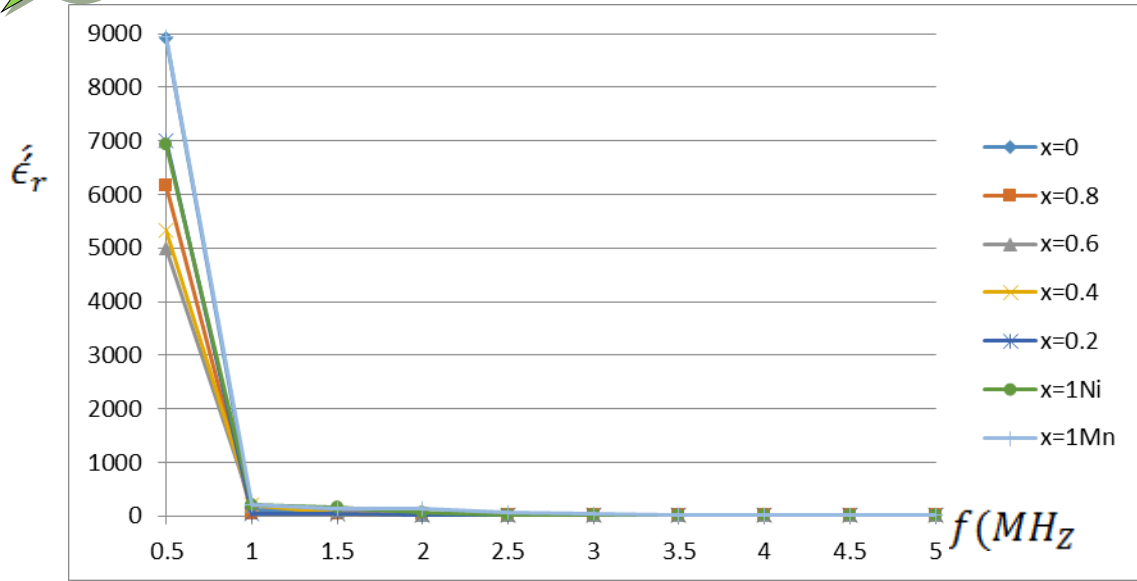
و  $\tan\delta$  ظل زاوية الفقدان

اما بزيادة كمية (Pphr) من (1-3) نلاحظ ان الجزء الخيالي لثابت العزل يزداد في

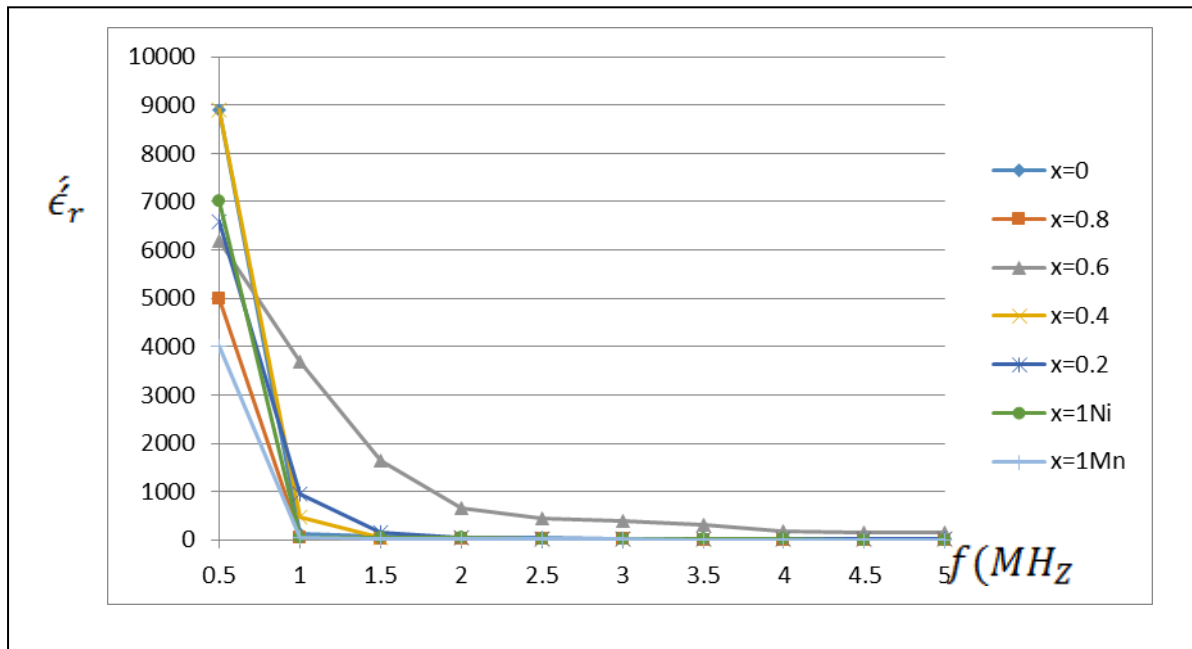
بالنسبة لفرابت النيكل منغنيز



الشكل (14-4) يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 1 غرام من فرابت (Ni x Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) للمتراب المطاطي.



الشكل (15-4) يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 2غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمترابك المطاطي.



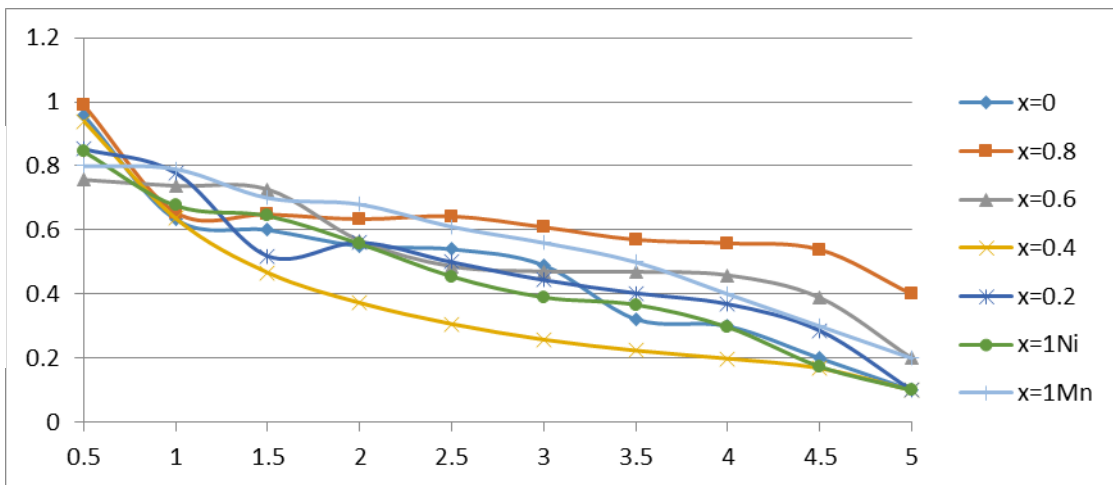
الشكل (16-4) يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 3غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمترابك المطاطي.

#### 4-5 المقاومة :

نلاحظ من خلال الاشكال [(16-4) - (18-4)] تناقص قيم المقاومة الكهربائية بزيادة التردد من  $(0.5-5) MHz$  إذ تبدي سلوكية مشابهة لما يبديه ثابت العزل الحقيقي والجزء الخيالي لثابت العزل وهذا السلوك يشير الى ان التوصيلية الكهربائية تزداد بزيادة التردد.

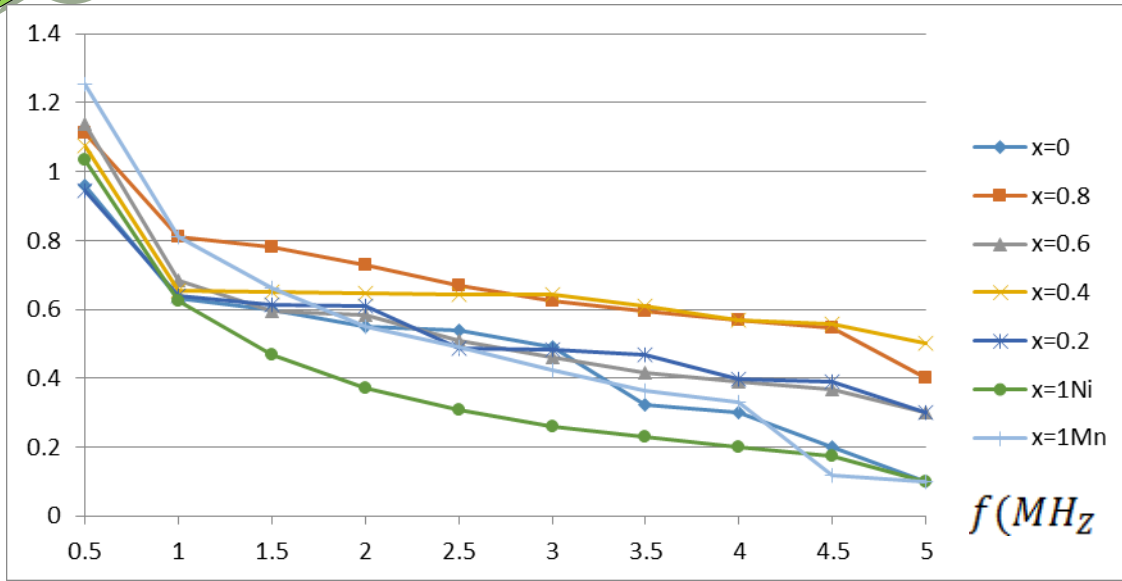
ان هذا الاتجاه في تغيير المقاومة يفسر على اساس آلية التوصيل في المواد الفرايتمية تحت تأثير التبادل او قفز الالكترونات بين ايونات الحديد ثنائية وثلاثية التكافؤ في المواقع ثمانية السطوح أي المواقع (B-site) عندما تكون المسافة بين اقرب ايونين متجاورين هي اصغر مسافة يحدث القفز الالكتروني في الازاحات الداخلية مما يؤدي الى حدوث الاستقطاب. وكذلك نلاحظ من خلال الاشكال زيادة المقاومة بزيادة نسبة (Pphr) من (1g) الى (3g) وللنماذج المحضرة جميعها.

وقد تعزى زيادة المقاومة عند زيادة تركيز النيكل في فرايت المنغنيز لذلك مقاومة النيكل اعلى من مقاومة المنغنيز وبالتالي فان زيادة تركيز النيكل يؤدي الى زيادة مقاومة الفرايت المحضر حيث تكون اعلى زيادة في المقاومة عندما تكون قيمة  $X=0.3$  وبعد ذلك تبدأ بالانخفاض نتيجة ان التشوية بالتركيب البلوري سوف يكون قليلاً بعد هذه النسبة وذلك يعود الى قطر ايون المنغنيز ولجميع نسب الاضافة (Pphr) .

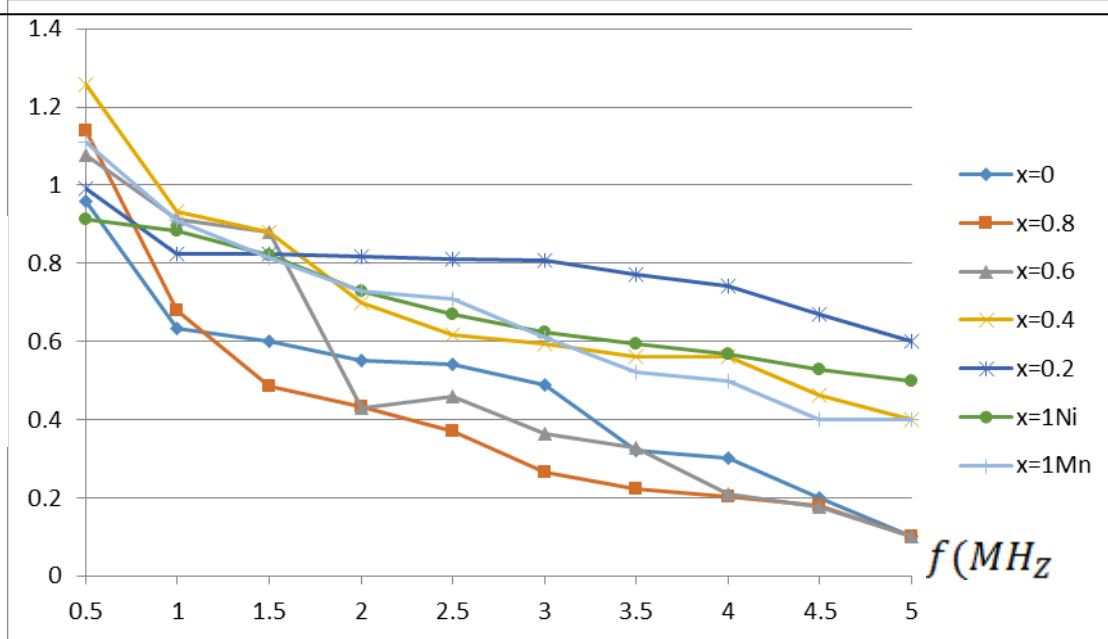


الذ  $f(MHz)$  يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 1غرام من فرايت  $(Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4)$  للمركب المطاوي.





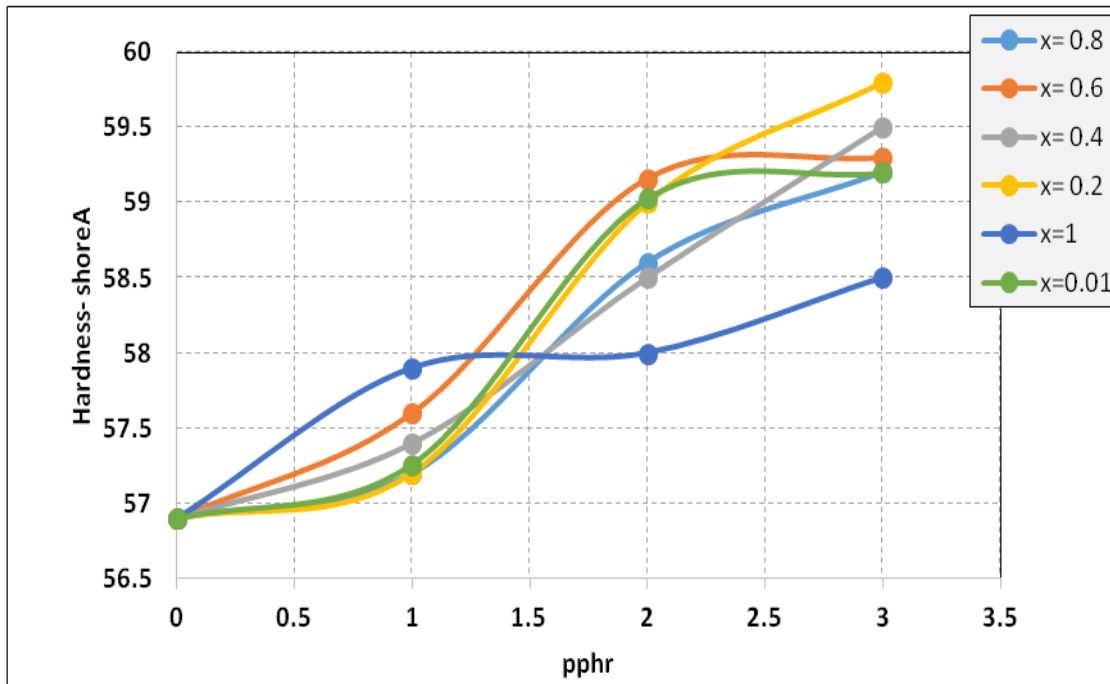
الشكل (18-4) يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 2 غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمترابك المطاوي.



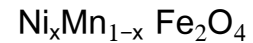
الشكل (19-4) يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 3 غرام من فرايت ( $Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$ ) للمترابك المطاوي.

: (Hardnes) 6-4 الصلادة

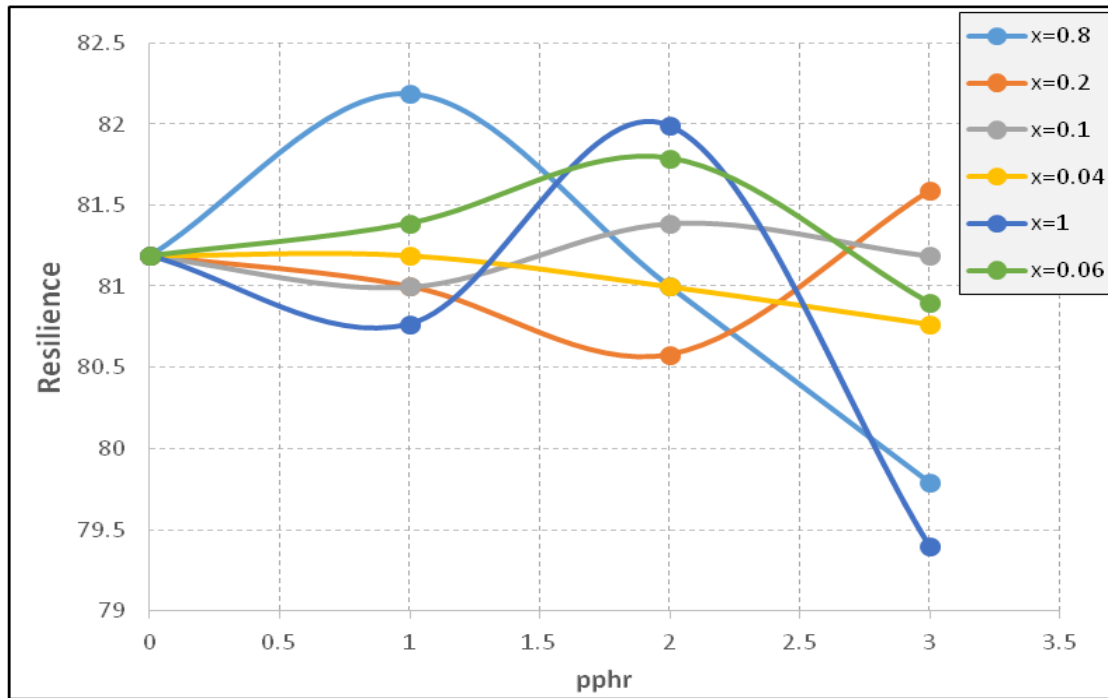
نلاحظ من الشكل (4-20) زيادة الصلادة مع زيادة نسب إضافة المادة الفرايتية وهذا يعزى الى التقوية للسلاسل المطاطية بسبب تدعيمها بالحشوات الفرايتية التي تتشابه مع السلاسل المطاطية مما يزيد من مقاومة سطح العينة للاختراق وبالتالي زيادة الصلادة أن الصلادة ترتفع بزيادة أضافه نسبة الفرايت بجميع قيم (x) ومن الشكل(4-20) نلاحظ أنه عندما تكون قيمة (x=0.8) تكون هي الافضل بنسبة (2-1) لأنها تعطينا صلادة معقولة مقارنة بالارتدادية وهذا يعزى الى التقوية للسلاسل المطاطية بسبب تدعيمها بالحشوات الفرايتية التي تتشابه مع السلاسل المطاطية مما يزيد من مقاومة سطح العينة للاختراق وبالتالي زيادة الصلادة ويتفق ذلك مع الباحث المعموري. [89]



الشكل (4-20) يمثل العلاقة بين الصلادة للعجينة المطاطية المتراكبة SBR وتركيز الفرايت

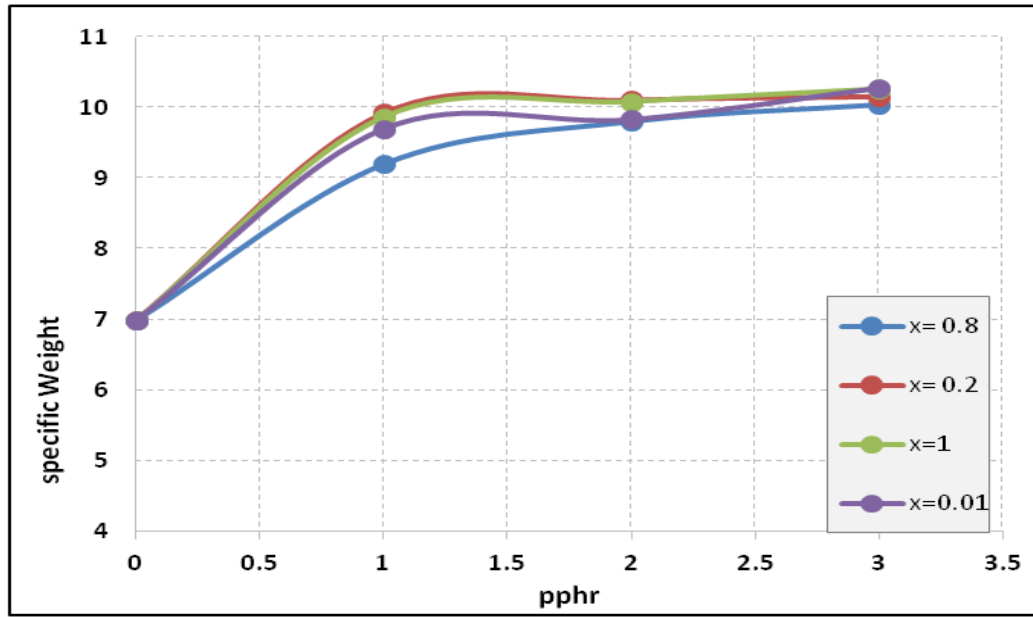


من الشكل (4-21) نلاحظ قيم الارتدادية تتغير مع نسب اضافة الفرايت فعند اضافة الفرايت بنسب نلاحظ ارتفاع قيم الارتدادية كلما تزداد نسبة الفرايت من (0.8-1) ولكن عند اضافة أكثر من (2) يصبح لدينا هبوط بالارتدادية باستثناء نسبة (0.8) تكون عند نسبة (1pphr) وهذا يعزى الى اضافة الفرايت الى العجنة المطاطية مما يزيد الصلادة ومن النتائج نلاحظ هبوط الارتدادية بعد نسبة (1.5pphr) ونعتقد أن السبب بذلك هو خلق فجوات مايكروية داخل العجنة المطاطية تؤدي الى الطبيعة شبة الأسفنجية وعلية يفضل أن تكون نسبة (2pphr) هي الأفضل بالنسبة عندما تكون قيمة (x=0.8) وبمقارنتها مع (Ni=1) و (Mn=1) تكون قيمة الارتدادية أوطأ ولكن بنسبة (1.5pphr) ترتفع و لذلك تكون نتائج اضافة الفرايت (X=0.8) هو الأفضل بنسبة (1-2pphr)



الشكل (4-21) يمثل علاقة العلاقة بين الارتدادية للعجنة المطاطية المترابطة SBR وتركيز الفرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

من الشكل (4-22) نلاحظ زيادة الوزن النوعي بزيادة قيمة (pphr) من مادة الفرايت المتراكب ( $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ ) من ملاحظة الشكل (4-22) عندما تكون قيمة pphr (0.2) كان الوزن النوعي يزداد الى أن يصل الى (10) وبزيادة النسبة الى (0.8) يزداد الوزن النوعي ايضا الى أن يصل الى (9.5) وعندما تزداد قيمة النيكل الى (1pphr) ترتفع القيمة الى (10.2) وعندما تكون قيمة المنغنيز (1)pphr سوف تزداد قيمة الوزن النوعي الى (10.1)



الشكل (4-22) يمثل العلاقة بين الوزن النوعي للجنة المطاطية المتراكبة SBR وتركيز الفرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

#### 4-9 توهين الموجات الرادارية (VAA) (Vector Analytical Analysis)

من خلال الجدول (4-2) (4-3) (4-4) يبين نتائج فحص VAA لكل من فقدان طاقة الانعكاس ومعامل الانعكاس والسماحية المعقدة والنفاذية المعقدة وعلاقتها بالتردد

الجدول رقم (2-4) يبين نتائج فحص VAA لمطاط SBR المشوب بنسبة (1غم) من

الفرايت المركب  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

X	طاقة الانعكاس	F(GHZ)	معامل الانعكاس	F(GHZ)	السماحية المعقدة	F(GHZ)	النفاذية المعقدة	F(GHZ)
X=0	-23	10.7	0.2	8.8	7	8.3	9.7	8.3
X=0.2	-26	10.8	0.13	9.3	7.5	8.6	10.2	9.1
X=0.4	-20	8.5	0.14	8.5	7.5	8.8	9.6	9.1
X=0.6	-27	10.7	0.11	8	7	9.4	9.8	8.2
X=0.8	-27	10.8	0.2	11.9	7.6	8.8	9	11.7
X=1 Ni	-13	10.7	0.13	8.3	5	9	7.5	10.7
X=1 Mn	-18	8.3	0.12	8.9	6.5	10.6	9.6	9.2

الجدول رقم (3-4) يبين نتائج فحص VAA لمطاط SBR المشوب بنسبة (2غم) من

الفرايت المركب  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

X	طاقة الانعكاس	F(GHZ)	معامل الانعكاس	F(GHZ)	السماحية المعقدة	F(GHZ)	النفاذية المعقدة	F(GHZ)
X=0	-23	10.7	0.2	8.4	7	8.2	10.1	8.3
X=0.2	-19	10.6	0.2	10.9	7.6	8.8	7.5	8.1
X=0.4	-33	10.7	0.1	8.3	8.2	8.1	9.7	8.3
X=0.6	-31	10.8	0.2	8.5	6.5	8.4	7.7	8.4
X=0.8	-10	11.7	0.3	9.6	8	8.2	8.2	8.3

X=1 Ni	-12	8.9	0.4	10.3	7.1	8.1	7.7	9.4
X=1 Mn	-22	8.8	0.3	8.4	8.2	9	8.8	8.4

الجدول رقم (4-4) يبين نتائج فحص VAA لمطاط SBR المشوب بنسبة (3غم) من

الفرايت المركب  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$

X	طاقة الانعكاس	F(GHZ)	معامل الانعكاس	F(GHZ)	السماحية المعقدة	F(GHZ)	النفاذية المعقدة	F(GHZ)
X=0	-19	10.7	0.1	8.7	7	8.2	10	8.2
X=0.2	-29	10.6	0.1	8.4	8.3	8.3	8.6	11.6
X=0.4	-45	8.3	0.1	8.4	7.1	10.3	9.3	8.5
X=0.6	-25	10.6	0.1	9.4	7.6	8.3	8.3	8.4
X=0.8	-28	10.6	0.1	9	7.5	8.2	10	11.9
X=1 Ni	-29	10.7	0.2	8.3	6.9	9	9.1	11.8
X=1 Mn	-58	8.3	0.1	12	7.2	10.7	9.6	8.7

#### 10-4 فقدان الانعكاسية :

من الشكل (4-23) وعندما تكون قيمة الإضافة 1Pphr من فرايت النيكل منغنيز نلاحظ ان قيمة فقدان طاقة الانعكاس تتغير حسب قيمة x فعندما تكون x=0 فان اعلى قيمة

لفقدان طاقة الانعكاس تكون التردد (10.7)GHz وبقية مقدارها (-23)dB مع ملاحظة وجود قيم أخرى لفقدان طاقة الانعكاس وعند ترددات مختلفة وعند زيادة قيمة  $x$  الى 0.2 نلاحظ ان هناك تغير في قيم فقدان طاقة الانعكاس وفي مدى ترددية مختلفة حيث نلاحظ ان اعلى قيمة لفقدان طاقة الانعكاس كانت مساوية الى (-26) dB عند التردد (10.8) GHz اما عندما تكون قيمة  $x=0.4$  نلاحظ ايضاً ان هناك قيم مختلفة لفقدان طاقة الانعكاس حيث كانت قيمتها مساوية الى (-20) dB عند التردد (8.5) GHz ونلاحظ كذلك وجود حزمة ضيقة لفقدان طاقة الانعكاس محصورة في المدى الترددي (9-9.5) GHz وعندما تكون قيمة  $x=0.6$  فنلاحظ ان اعلى قيمة لقيمة فقدان طاقة الانعكاس في التردد (10.7) GHz وبقية قصوى لفقدان طاقة الانعكاس مقدارها (-27) dB وعندما تكون قيمة  $x=0.8$  فان التصرف للنموذج يشابه التصرف لفقدان طاقة الانعكاس عندما ( $x=0.6$ ) وكانت قيمة فقدان طاقة الانعكاس حيث ان اعلى قيمة لها (-27) dB عند التردد (10.8) GHz وعندما تكون قيمة ( $x=1Ni$ ) كانت قيمة فقدان طاقة الانعكاس (-13) عند التردد (8.5) GHz. وعندما تكون قيمة ( $x=1Mn$ ) تكون اعلى قيمة لفقدان طاقة الانعكاس (-18) بتردد (8.3) GHz ومن خلال الشكل (4-24) عند إضافة 2 Pphr لانلاحظ أي فقدان لطاقة الانعكاس عند الترددات التي تكون اقل من (9.6) GHz وجميع قيم فقدان طاقة الانعكاس كانت اقل من (-10) dB ومن ذلك نستنتج انه لا يوجد امتصاص او توهين للموجات الراديوية او المايكروية ضمن هذه المنطقة وبعد التردد المذكور سابقاً تبدأ المادة بتوهين الموجات الرادارية او المايكروية حيث نلاحظ الزيادة في قيمة فقدان طاقة الانعكاس فعند ( $x=0$ ) تكون اعظم قيمة لفقدان طاقة الانعكاس عند التردد (10.7) مقدارها (-23) dB ، اما عند ( $x=0.2$ ) حصلنا على اعلى قيمة لفقدان طاقة الانعكاس مقدارها (-19) dB عند التردد (10.6) GHz وبعرض حزمة ترددية تقع بين (10.2) GHz و (10.9) GHz اما عند  $x=0.4$  فان اعظم قيمة لفقدان طاقة الانعكاس كانت عند التردد (10.7) GHz مقدارها (-33) dB .

وعند قيمة  $x=0.6$  فان فقدان طاقة الانعكاس كانت اعظم قيمة لها (-31) dB عند التردد (10.8) GHz. وعندما تكون قيمة  $x=0.8$  فان قيمة فقدان طاقة الانعكاس تكون (-10) dB بتردد مقدارها (11.7) GHz.

وعند قيمة  $x=1Ni$  تصبح قيمة طاقة الانعكاس dB (-12) بتردد GHz (8.9) وعندما  $x=1Mn$  تكون قيمة فقدان طاقة الانعكاس (-22) .

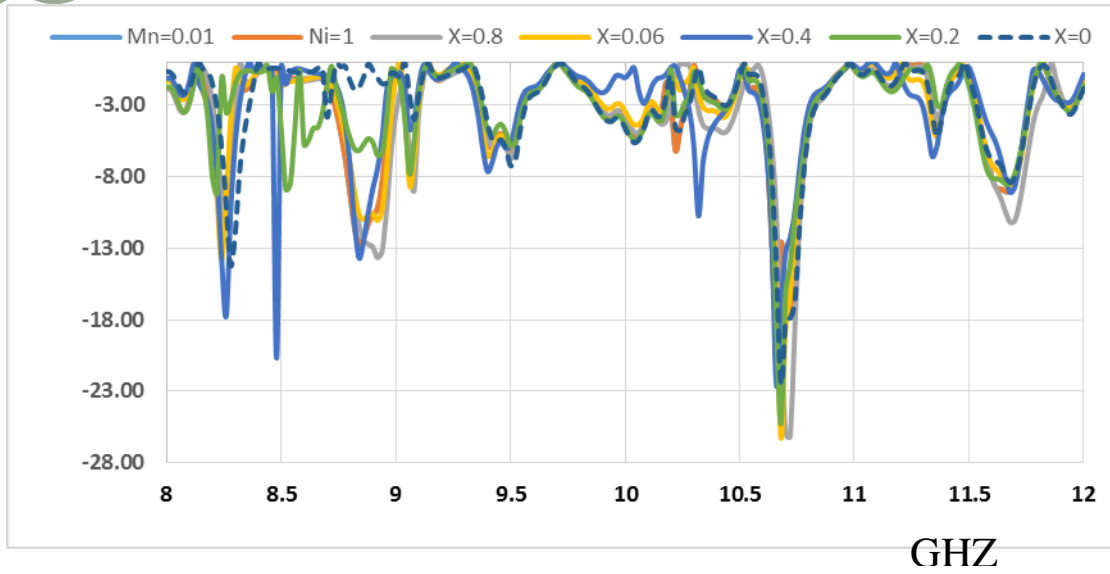
ومن خلال الشكل (4-25) الذي يوضح إضافة 3Pphr من فرايت النيكل منغنيز الى العجينة المطاطية المترابطة SBR المركب كانت نتائج فقدان طاقة الانعكاس كالتالي عند  $x=0$  فان اعظم قيمة لفقدان طاقة الانعكاس كانت dB (-19) عند التردد GHz (10.7) . وعندما تكون قيمة  $(X=0.2)$  تصبح قيمة فقدان طاقة الانعكاس (-29) عند التردد GHz (10.6)

وعند قيمة  $x=0.4$  فان فقدان طاقة الانعكاس كانت اعظم قيمة لها dB (-45) عند التردد GHz (8.3) . وعند قيمة  $x=0.6$  فان فقدان طاقة الانعكاس كانت اعظم قيمة لها dB (-25) عند التردد GHz (10.6) .

وعند قيمة  $x=0.8$  فان اعظم قيمة لفقدان طاقة الانعكاس مقدارها dB (-28) عند التردد GHz (10.6) . وعند زيادة  $x$  الى  $(1Ni)$  فان قيمة فقدان طاقة الانعكاس تصبح مساوية الى dB (-29) عند التردد GHz (10.7) وعندما تصبح قيمة  $x$  مساوية  $(1Mn)$  نلاحظ ان قيمة فقدان طاقة الانعكاس ترتفع لتصل الى dB (-58) عند التردد GHz (8.3) . ويعزى سبب تغير معامل فقدان طاقة الانعكاس يعود الى ان امتصاص المواد الفيراتية للموجات الدقيقة يعتمد على مقدار التردد حيث كلما ازداد معامل فقدان طاقة الانعكاس بقيمته السالبة كلما قل معامل الانعكاس وبالتالي نحصل على مواد ذات انعكاسية قليلة جداً للموجات الراديوية والمايكروية وهذا يتفق مع ما توصل اليه كاظم وآخرون.

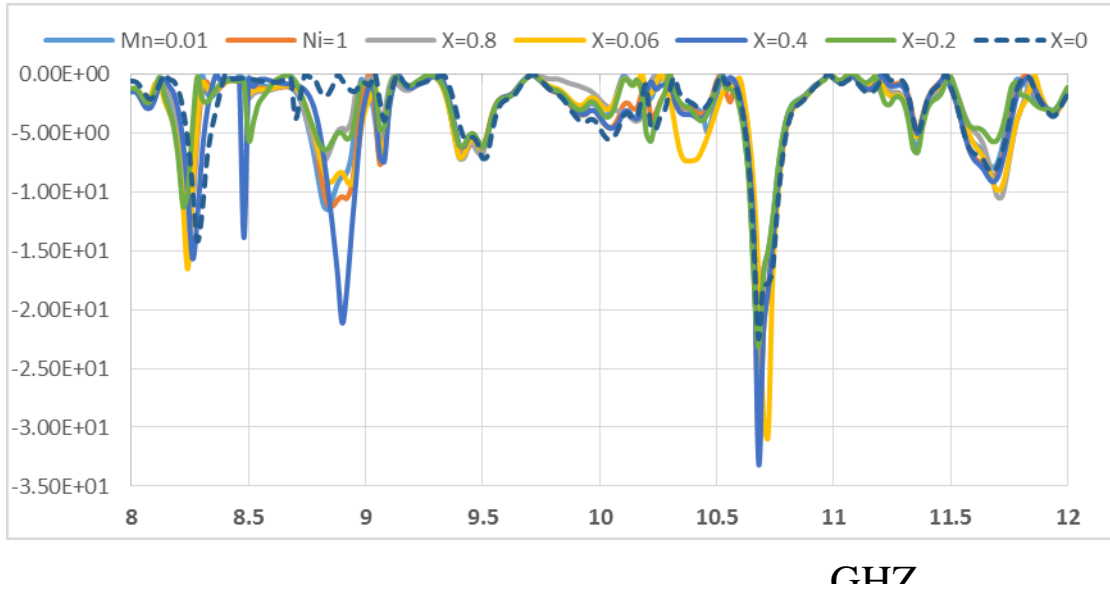


فقدان طاقة الانعكاس



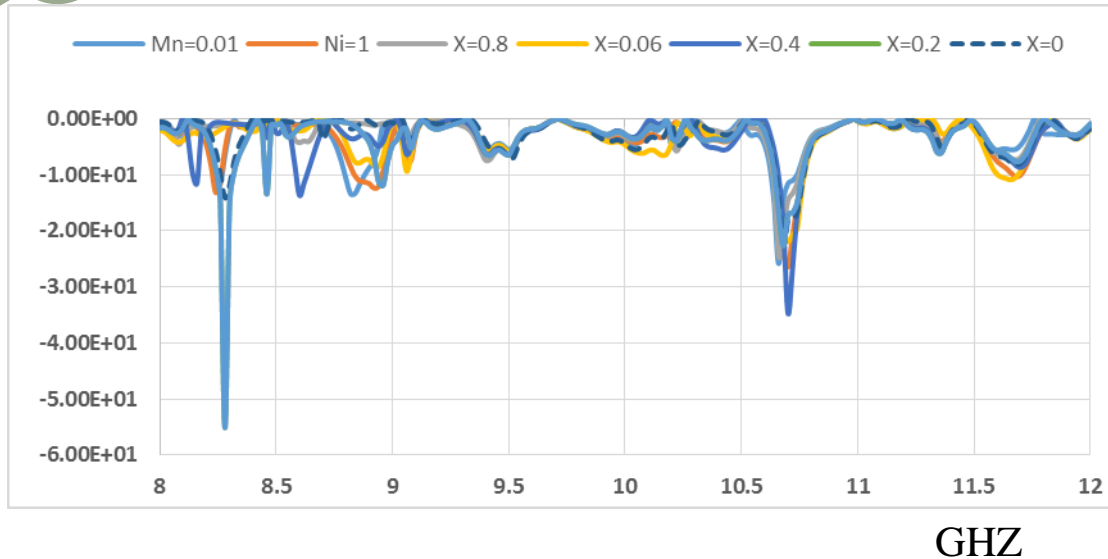
الشكل (4-23) : يوضح فقدان طاقة الانعكاس مع التردد عند اضافة 1 غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للمعينة المطاطية المترابطة SBR

فقدان طاقة الانعكاس



الشكل (4-24) : يوضح فقدان طاقة الانعكاس مع التردد عند اضافة 2 غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للمعينة المطاطية المترابطة SBR

فقدان طاقة الانعكاس



الشكل (4-25) : يوضح فقدان طاقة الانعكاس مع التردد عند اضافة 3 غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للمعجنة المطاطية المترابطة SBR

#### 4-11 معامل الانعكاس :

من اجل الحصول على مواد ذات توهين عالي للموجات الكهرومغناطيسية ينبغي تقليل معامل انعكاسها الى اقل قيمة ممكنة إذ يتبين من خلال الاشكال من (4-26) الى (4-28) العلاقة بين معامل الانعكاس للمواد المحضرة معامل الانعكاس يتم حسابه من خلال العلاقة  $\Gamma = 20 \log(RC)$  إذ  $\Gamma$  يمثل الفقدان في طاقة الانعكاس للاشعة الساقطة. وبذلك تكون قد حصلنا على مواد ذات معامل انعكاس عال تصلح لاستعمالها كمادة موهنة للموجات الكهرومغناطيسية في الحزمة X-BAND من الشكل (4-26) وعندما تكون قيمة الإضافة 1Pphr من فرايت النيكل منغنيز نلاحظ ان قيمة معامل الانعكاس تتغير حسب قيمة  $x$  فعندما تكون  $x=0$  فان اعلى قيمة لمعامل الانعكاس تكون التردد (8.8)GHz وبقية مقدارها (0.1)dB مع ملاحظة وجود قيم أخرى لمعامل الانعكاس وعند ترددات مختلفة وعند زيادة قيمة  $x$  الى 0.2 نلاحظ ان هناك تغير معامل الانعكاس وفي مديات ترددية مختلفة حيث نلاحظ اعلى قيمة لمعامل الانعكاس كانت مساوية الى (0.2) dB عند التردد (10.4) GHz مع ملاحظة وجود حزمة عريضة للامتصاص محصورة بين التردد (10.4) GHz و (10.5) GHz ) وبمعامل انعكاس مقداره 0.3 اما عندما تكون قيمة  $x=0.4$  نلاحظ اعلى قيمة لمعامل الانعكاس حيث كانت قيمتها مساوية الى (0.02) dB

عند التردد 10.1) GHz ونلاحظ كذلك وجود حزمة ضيقة لفقدان طاقة الانعكاس محصورة في المدى الترددي 10.6-10.9) GHz وعندما تكون قيمة  $(x=0.6)$  فنلاحظ ان اعلى قيمة لمعامل الانعكاس محصورة في المدى الترددي 8.2-8.6) GHz وبقيمة مقدارها 0.3) dB وعندما تكون قيمة  $(x=0.8)$  فان قيمة فقدان معامل الانعكاس حيث ان اعلى قيمة له 0.2) dB عند التردد 11.8) GHz وعندما تكون  $(x=1)$  تكون قيمة معامل الانعكاس 0.3)dB محصورة في المدى الترددي 9.5-10.5) GHz وعندما يكون  $x=0.01$  تكون قيمة معامل الانعكاس بتردد 11.3) dB مقدارها 0.1) dB

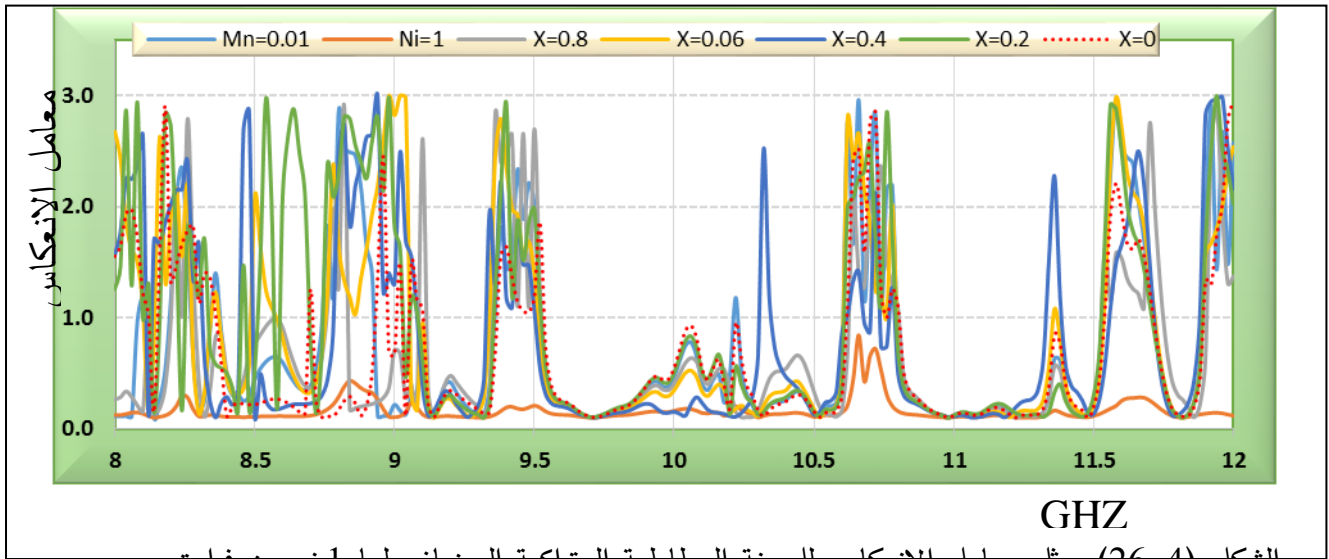
ومن خلال الشكل (4-27) الذي يوضح إضافة 2Pphr من فرايت النيكل منغنيز الى العجينة المطاطية المترابطة SBR المركب كانت نتائج معامل الانعكاس كالتالي عند  $x=0$  فان اعظم قيمة لمعامل الانعكاس كانت 0.2)dB عند GHz التردد 8.4) GHz ويعرض ترددي يقع بين 11.1) GHz و 11.5) GHz اما عند قيمة  $x=0.2$  فان اعظم قيمة لمعامل الانعكاس كانت 0.1) dB عند التردد 10.9) GHz ويعرض حزمة ترددي يقع بين 10.9) GHz و 11.3) GHz.

وعند قيمة  $x=0.4$  فان معامل الانعكاس تناقصت الى 0.01dB عند التردد GHz 8.3) ويعرض نطاق ترددي يقع بين 0.1)GHz و 10.5) GHz، وعند قيمة  $x=0.6$  فان اعظم لمعامل الانعكاس كانت مساوية الى 0.01) عند التردد 8.5) GHz. وعند  $x=0.8$  نلاحظ ان اعلى لمعامل الانعكاس هي 0.3) dB عند التردد 9.5) GHz و 10) dB.

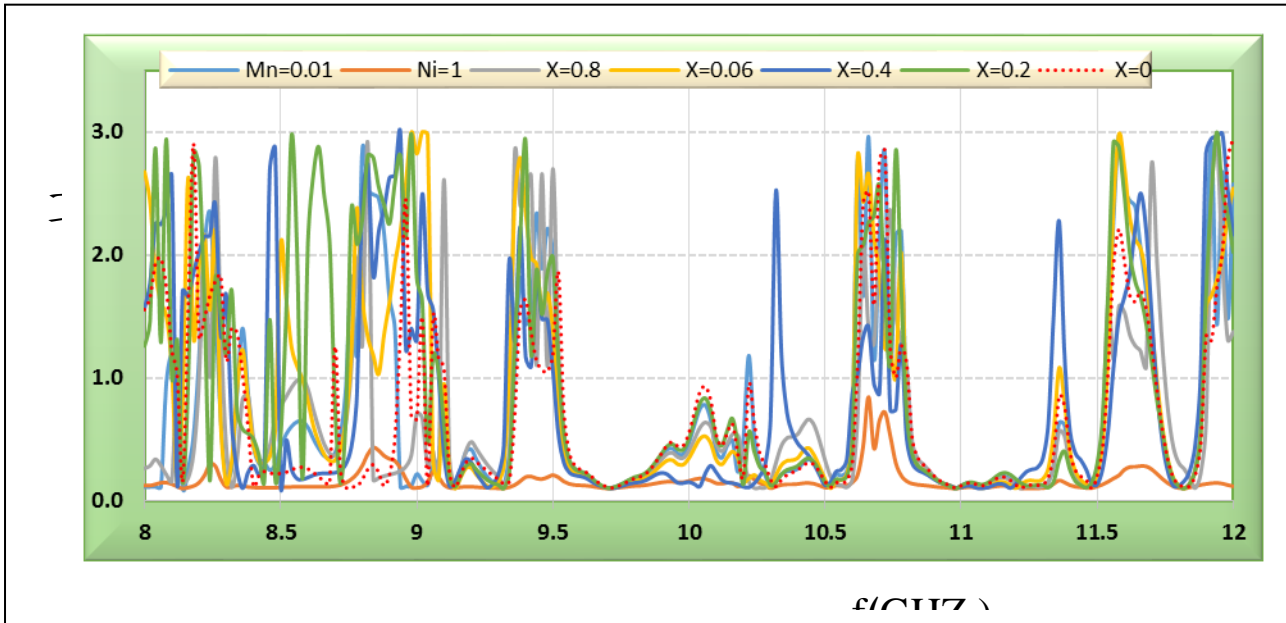
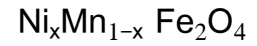
ومن خلال الشكل (4-28) الذي يوضح إضافة 3Pphr من فرايت النيكل منغنيز الى العجينة المطاطية المترابطة SBR المركب نلاحظ ما يلي:

عندما GHz تكون قيمة  $x=0$  نلاحظ ان اعلى لمعامل الانعكاس كانت dB 0.1) عند التردد 8.8) GHz. وعند  $x=0.2$  فان اعظم قيمة لمعامل الانعكاس كانت 0.2) dB ويعرض نطاق ترددي عريض نسبياً يقع بين 10.1) GHz و 10.4) GHz. وعند  $x=0.4$  نجد ان اعظم لمعامل الانعكاس 0.3) dB عند التردد 10.3) GHz وعند زيادة قيمة  $x$  الى 0.6 فان التردد 9.4) GHz قد حصل عنده اعظم لمعامل الانعكاس وبقيمة مقدارها 0.1) dB.

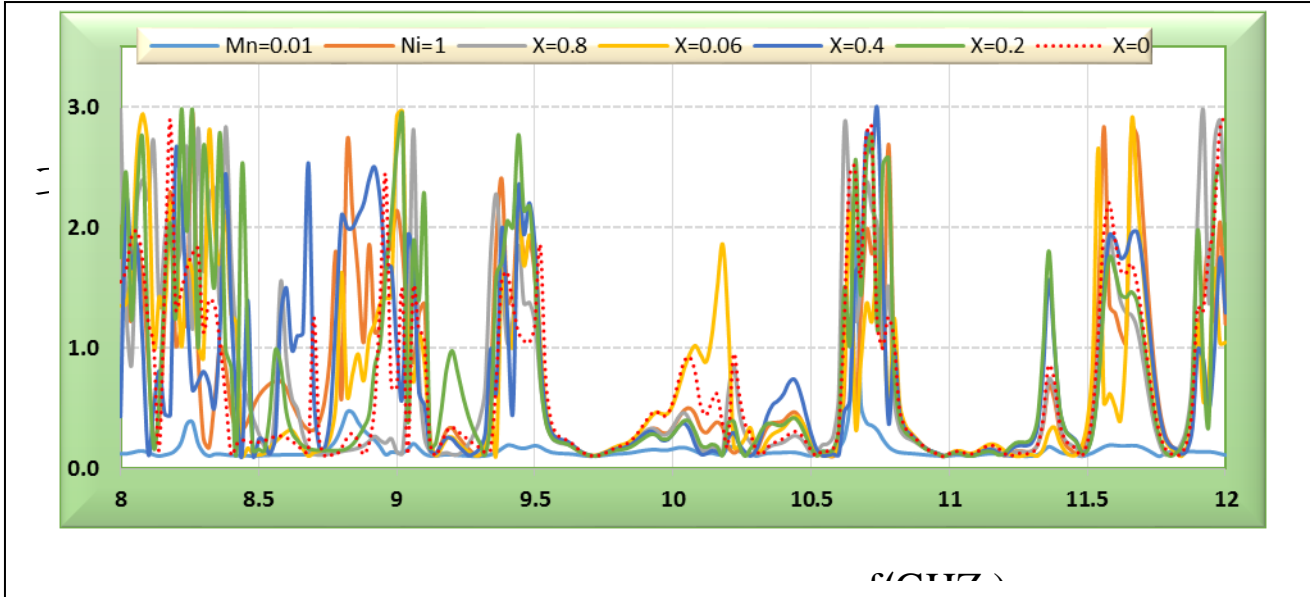
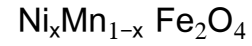
وعندما تصبح قيمة  $x=0.8$  فان اعظم فقدان لمعامل الانعكاس كان عند التردد 12 GHz (9) وبقيمة مقدارها 0.1 dB) وعندما تصبح قيمة  $x=1$  يحصل اعظم معامل الانعكاس خلال هذه العينة وبمقدار مساوي الى 0.3 dB) عند التردد 8.3 GHz).  
وعندما تصبح  $x=0.01$  يكون معامل الانعكاس 0.2 عند التردد 12 GHz  
وأن السبب وراء نقصان معامل الانعكاس للمواد الفريتية الى زيادة فقدان طاقة الانعكاس وكما فسرنا سابقا في مناقشة نتائج فقدان طاقة الانعكاس .



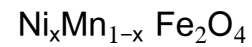
الشكل (4-26) يمثل معامل الانعكاس للعينة المطاطية المترابطة المضاف لها 1 غم من فريت



الشكل (4-27) يمثل معامل الانعكاس للعجينة المطاطية المترابطة المضاف لها 2غم من فرايت

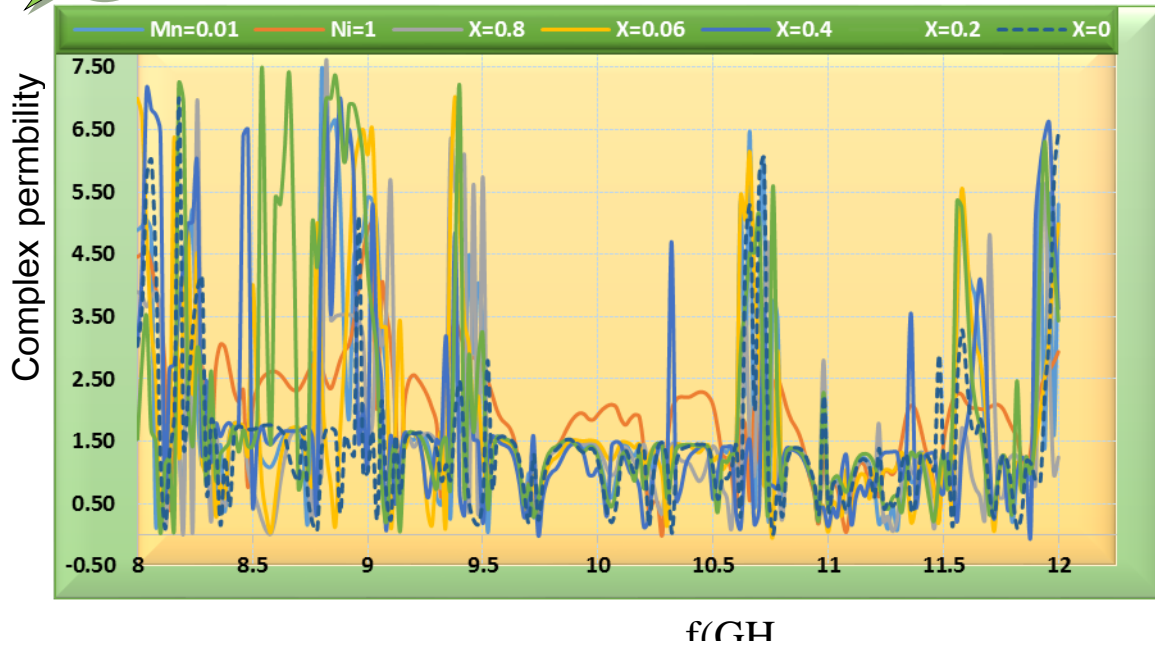


الشكل (4-28) يمثل معامل الانعكاس للعجينة المطاطية المترابطة المضاف لها 3غم من فرايت

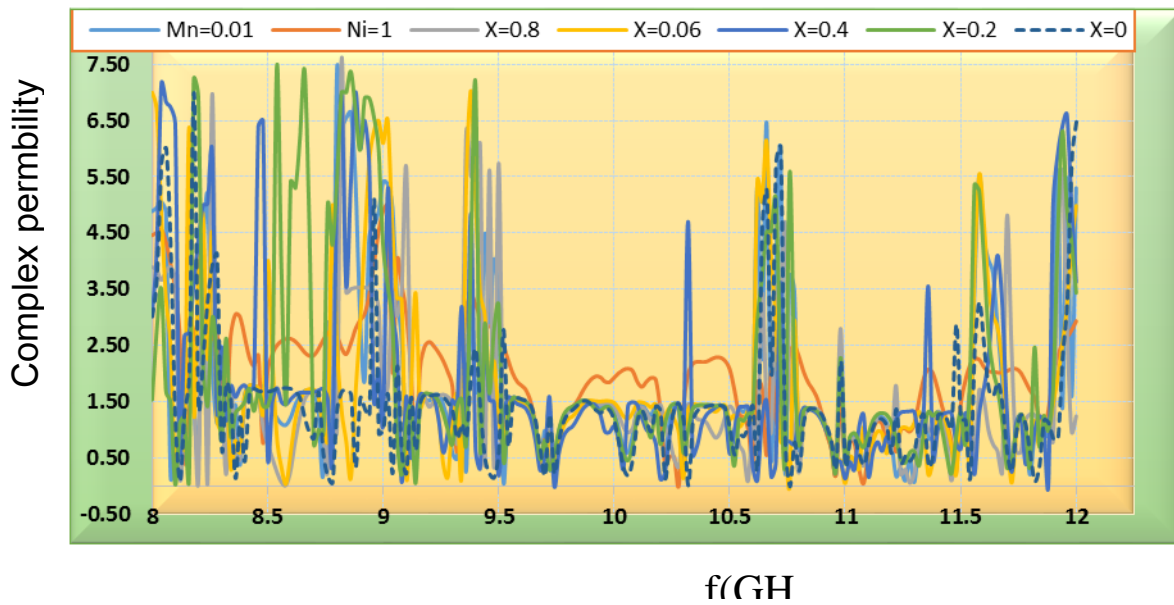


#### 4-12 السماحية المركبة (Complex permibility) :

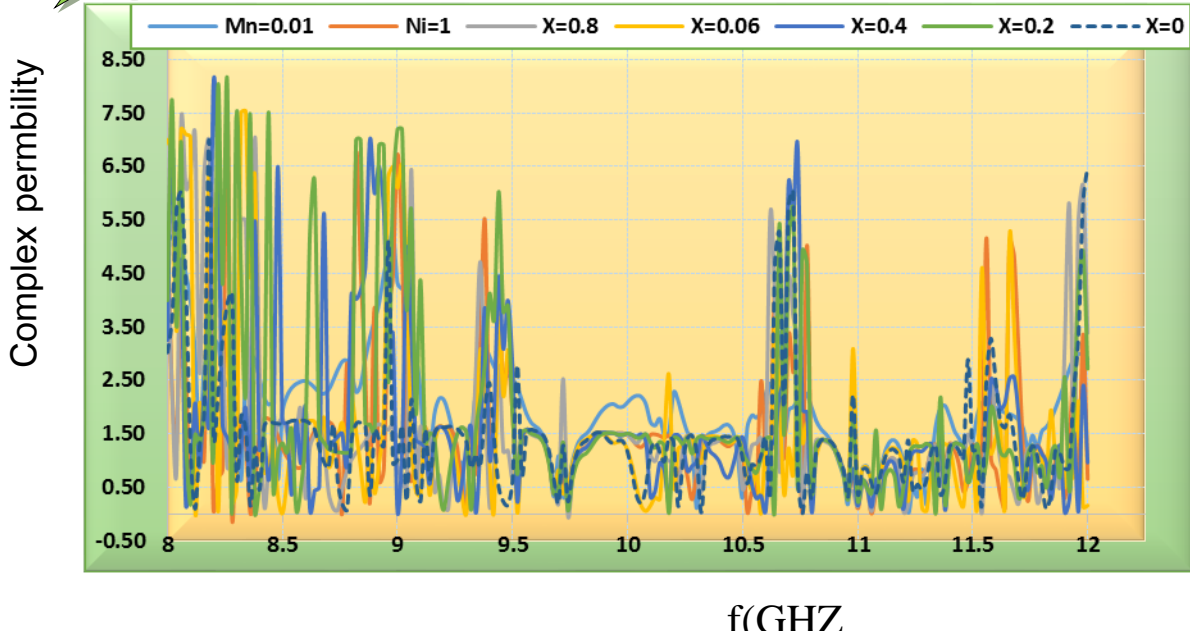
نلاحظ من خلال الاشكال (4-29) الى (4-31) تصرف السماحية المعقدة مع التردد في المدى المحصور من  $(8-12)\text{GHz}$  إذ نلاحظ ان قيم السماحية المعقدة عند التردد  $(10)\text{GHz}$  عند اضافة Pphr (1) من فرايت النيكل منغيز وبحسب قيم  $x$  تساوي  $(0,0.2,0.4,0.6,0.8,1\text{Ni},1\text{Mn})$  فان قيمة  $\epsilon_r = (7,7.5,6.9,6.7,7.6,5,7.5)$  على الترتيب اما عند اضافة Pphr (2) من فرايت النيكل منغيز وبحسب قيم  $x$  المذكورة اعلاه وعند التردد نفسه  $(8-9)\text{GHz}$  فان قيم السماحية المعقدة تكون  $(7,7.6,8.2,6.5,8,7.1,8.2)$  وعند زيادة نسبة الاضافة الى Pphr (3) من فرايت النيكل منغيز فان قيم السماحية المعقدة تكون  $(8,8.3,7.1,7.6,7.5,6.9,7.2)$  وبحسب قيم  $x$  على الترتيب ، ويعود السبب وراء تغير قيم السماحية المركبة مع مقدار الاضافة لقيم  $x$  يعود الى كبر قطر ايون النيكل 0.91 بالنسبة الى قطر ايون المنغيز 0.83 حيث يؤدي زيادة القطر الى تشويه في الشبكة البلورية مما يؤدي الى زيادة ثابت العزل الكهربائي وبالتالي زيادة السماحية الكهربائية .



الشكل (4-29) : يوضح السماحية المعقدة عند اضافة 1غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للعجينة المطاطية المتراكبة SBR



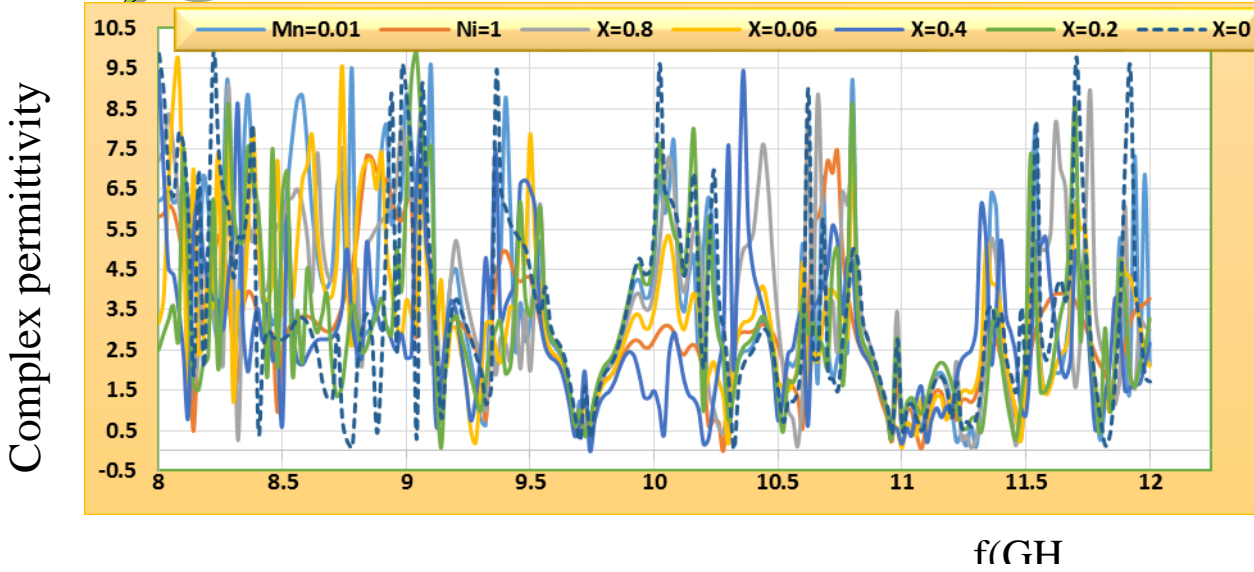
الشكل (4-30) : يوضح السماحية المعقدة عند اضافة 2غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للعجينة المطاطية المتراكبة SBR



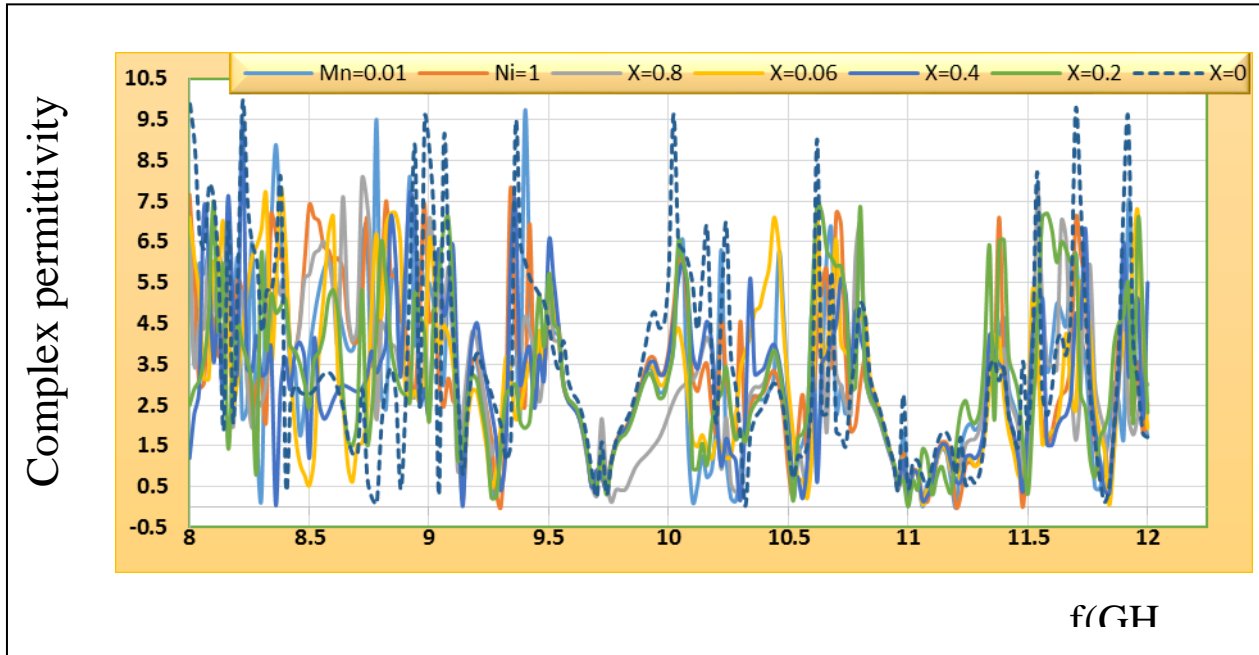
الشكل (4-31) : يوضح السماحية المعقدة عند اضافة 3غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للعجينة المطاطية المتراكبة SBR

#### 4-13 النفاذية المركبة (Complex permittivity) :

نلاحظ من خلال الاشكال (4-32) الى (4-34) تصرف النفاذية المعقدة مع التردد في المدى المحصور من 8-12)GHz ( إذ نلاحظ ان قيم النفاذية المعقدة عند التردد 8.2-)GHz تساوي (11.7) عند اضافة Pphr (1) غم من فرايت النيكل منغنيز وبحسب قيم  $X = (9.7, 10.2, 9.6, 9.8, 9.7, 5, 9.6)$  على الترتيب اما عند اضافة Pphr (2) من فرايت النيكل منغنيز وبحسب قيم  $X$  المذكورة اعلاه وعند التردد 8.1-9.4) GHz ( فان قيم النفاذية المعقدة تكون (10.1, 7.5, 9.7, 7.7, 8.2, 7.7, 8.8) وعند زيادة نسبة الاضافة الى Pphr (3) من فرايت النيكل منغنيز فان قيم النفاذية المعقدة تكون (10, 8.6, 9.3, 8.3, 10, 9.1, 9.6) وبحسب قيم  $X$  على الترتيب .



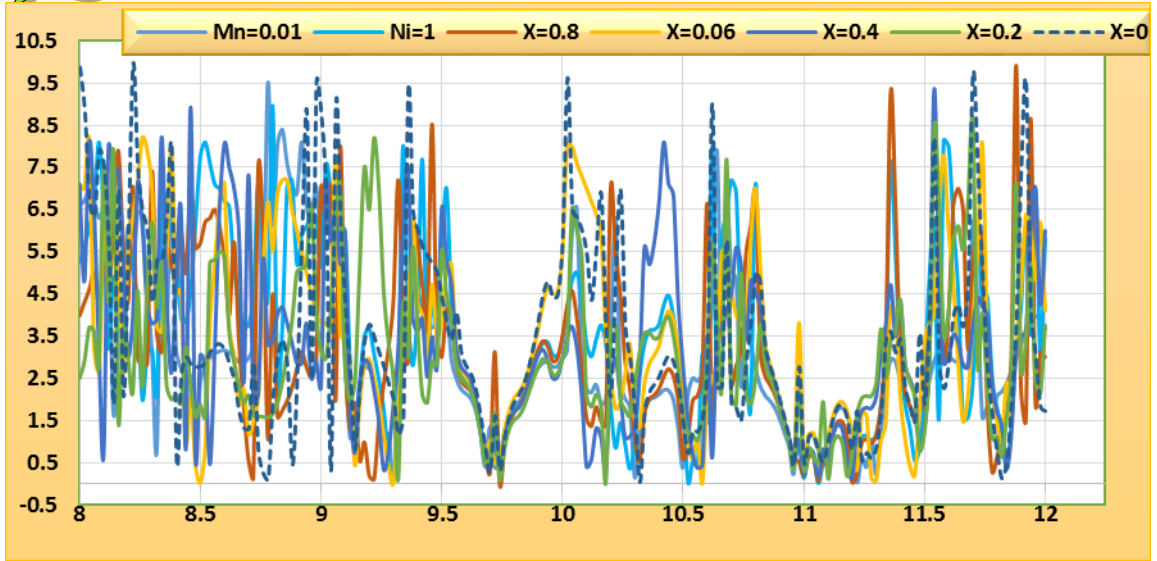
الشكل (4-32) : يوضح النفاذية المعقدة عند اضافة 1غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للعجينة المطاطية المترابطة SBR



الشكل (4-33) : يوضح النفاذية المعقدة عند اضافة 2غم من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للعجينة المطاطية المترابطة SBR



Complex permittivity



f(GHz)

الشكل (4-34): يوضح النفاذية المعقدة عند اضافة 3غم  
من فرايت  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  للعجينة المطاطية المترابطة SBR

## 1-5 الاستنتاجات :

1. من نتائج (XRD) المذكورة تبين أنه طور السبيل فرايت تم الحصول عليه للفرايتات المحضرة.
2. استنتجنا من خلال دراسة العازلية الكهربائية مع التردد ضمن المدى الموجي (5 - 0.5) تناقص في قيم العازلية الكهربائية وجزئيتها الحقيقي والخيالي .
3. الزيادة الحاصلة بنسبة الفرايت في المطاط أدى الى زيادة في قيمة ثابت العزل للمركب الفرايتي ( $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ ) .
4. لوحظ تصرف المقاومة بتصرف مشابه لثابت العزل للمركب الفرايتي ولجميع نسب الاضافة مما يدل على التشابه الكبير بين عملية التوصيل والاستقطاب في المواد الفرايتية .
5. لوحظ التصرف اللاخطي في تناقص قيد العازلية الكهربائية والمقاومية لجميع العينات المحضرة مما يدل ان تناقص العازلية والمقاومية مع التردد هو سلوك لا خطي وهذا يشير الى ان هناك اكثر من نوع واحد من الاستقطاب وفي ترددات مختلفة .
6. من نتائج الخواص الميكانيكية تميزت بصلادة (59.5) وأرتدادية (79.4) وهذ يؤهلها الى تخفيف الصدمة أثناء اصطدام الاجسام المراد حمايتها بالأجسام الساقطه عليها.
7. استنتجنا أن جميع العينات المحضرة كانت لها قابلية على توهين الموجات الراديوية وفي مديات مختلفة وبعرض حزمة امتصاص ضيقة لأن استخدام المواد الفرايتية المركبة حضرت بطبقة واحدة وليس نظام فرايتي مركب متعدد ولطبقات .
8. من قياسات VSM نلاحظ ان المواد الفرايتية اللينة تمتلك حلقة تخلفية مغناطيسية صغيرة ولكن بقيمة عالية باتجاه Applied Field وبقيمة عالية باتجاه ( $H_C$ ) .
9. ان قياس معاملات الاستطارة ( $S_{11}$  ,  $S_{21}$ ) يعطي تصويراً على تعرف الامتصاصية للمواد الفرايتية المركبة .
10. من خلال قيم الامتصاصية حصلنا على قيم تؤهلها لامتناس الإشارات الراديوية وحماية الاهداف العسكرية وهي بسمك (5mm)

11. عدم الحصول على عينة فرايتية قامت بامتصاص جميع المدى الترددي لحزمة X-band المستخدمة.

## 2-5 التوصيات :

يمكن ان نوصي ب:

1. دراسة اضافة المواد الى انواع أحر من المطاط مثل المطاط الطبيعي NR ومطاط السيليكون ودراسة امتصاصيتها للموجات الكهرومغناطيسية.
2. اضافة انواع أحر من العناصر الثنائية التكافؤ مثل Zn و Cd .
3. دراسة تحضير عينات مختلفة من المواد الفرايتية المركبة باسمك مختلفة ودراسة تأثير السمك على امتصاصية المواد الفرايتية المركبة للموجات الكهرومغناطيسية ضمن حزمة X-Band.
4. دراسة تأثير الحجم الحبيبي للمواد الفرايتية المركبة على امتصاصيتها للموجات الكهرومغناطيسية.
- 5-تحضير فرايت بإضافة عناصر ثلاثية التكافؤ ودراسة خواصه المغناطيسية .

## المصادر:

- 1- H.Emerson, Antennas snd propay, Ieee.21.484(1974). W
- 2- .T.C.Wong, B.chambers, A.p.Anderson and P.V wright, "Electron, Lett".28, 1651.(1992). P
- 3- .Naishadham and P.K kadaba. "Microw. Theory and Tech", IEEE39, 1158.1991. K
- 4- .A.Stonier, Sampe Journal ,27,9(1991). R
- 5- .Vamammuna, T.Toshikawa and M.shibuya, "Electromagnetic wave absorbing Materials". usp 1992. T
- 6- Z.Zhony,M.Wan and Y.wei, 16.2827(2005).
- 7- B.D.Cullity, "introduction to magnetic materials", 266,Addison wesley Co Holland,1972.
- 8- D.J. Craik, "Magnetic Oxides", wiley, 1975.
- 9- Liu Bingh Ai, "Synthesis and characterization of cobalt ferrite powdered Materails".2088 PhD thesis.
- 10- J-Szepvolgy, L,Gal and et al" synthesis of spinal ferrites in radiofrequency thermal plasma reactor"
- 11- W. Yao; H. Jiamian; L. Yuanhua; and N. Ce-Wen; NPG Asia Mater, (2), 61,(2010).
- 12- R.Beura,"Synthesis and Characterization of Polymer- Ferroelectric Composite" Department of Physics National Institute of Technology Rourkela -769008,May,( 2012) .
- 13- L.Zheng, Master of Science," Cobalt ferrite-Barium titanate sol-gel biferroics", University of Maryland, College Park, in partial fulfillment,(2006).
- 14- N.D.Patil, et al"Dielectric and magnetic properties of co substituted Ni-Co ferrite preparation by solution combustion Method" IJEIT, V.3,2014.

- 15- M.Sc" Magnetic and Mechanical Properties of Barium Ferrite.NBR compsites" 2009 Graduate school kusester university.
- 16- Mahmutbris"; Microstructure development" MSc. Middle east technical University",2005.
- 17- Kirang Saida" synthesis and charactrization of letravalent cation substiuted Mn-zn ferrite suitable for High Frequency Application "PhD thesis Rajkot-India 2012.
- 18- D.kim, et al "journal of applied physics, 97,2005.
- 19- Bahar Nakhjavan"Designer synthesis Monodispers Heterodimer and ferrite nanopartical",2011.
- 20- U.Haefeli, W.schuett and others, scientific and clinical Applications of magnetic carriers; New yourk, 1997.
- 21- K.Khaja Mohaideen "Studies on microstructure and Magnetostrictive properties of sintered cobalt ferrite oerived from Nano crystalline materials" PhD. Thesis Pune. india (2013).
- 22- Nurdan Gurkan"studies on interaction of electromagnetic waves with Barium Hexaferrite ceramics" Middleast Technical university(2008).
- 23- A.Peter, J.vito, fundamental engineering materials,1985,p.679.
- 24- B.D cullity and C.D.Graham. "introduction to magnetic materials". 2<sup>nd</sup> Ed . IEEE press U.S.A(2009).
- 25- Neves, Bcicuitree, 116 (1996).
- 26- Yanmim wany and others" Research progress on Nanostrctured Radar absorbing Materials" Energy and power Engineering, 2011,3,580,584.
- 27- E.J.W. Verwey and E.l.Helmann, "J.Chem, Phys." 15.(1974) 174-180.
- 28- E.F.Knott., "Tnickness Criterion for single-layerradar Absorbents"IEEE,Vol.Ap.27,No.5,1979.
- 29- H.F.Harmuth." On the effect of Absorbing material on Electromagnetic waves with large Relative Band width" IEEE,Vol.EMC-25,No.1.1983.
- 30- R.Ruppin."Use ferrite for Absorption of Electromagnetic wave"IEEE,Vol.EMC-28,No2.1985.
- 31- H.F.Harmuth." On the effect of Absorbing material on Electromagnetic waves with large Relative Band width" IEEE,Vol.EMC,No.2.1985.
- 32- S.Sugimoto and others "Compositional Dependence of the Electromagntic wave Absorption pro oerties of Bafe<sub>12-x-y</sub> Tix Mn<sub>y</sub>O<sub>19</sub>

- in the Gega Hertz frequency range Materials Transaction "JIM.vol.uo No.9. 1999.
- 33- Mingzhony et al" Electromagnetic and microwave absorbing properties of iron fibre-epoxy resin composite". J.Phy. D: Appl.phys.33 (2000) ,pp.2398-2401.U.k.
- 34- GH.R etal" Radar absorption of  $Ni_{0.7}Zn_{0.3}Fe_2O_4$  Nano particales" Digest
- 35- Journal of Nanomaterials and Biostructures" Vo.1.5, No.3, 2010,pp.719-725.
- 36- القبسي"تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية ، اطروحة ماجستير ، جامعة بابل"، 2002.
- 37- Jae-Man etal" Dependence of Electromagnetic wave Absorption on ferrite particle size in sheet-Type Absorbers". Journal of the Korean physical society , v01.42,No-5,2003,pp.671-675.
- 38- D.A. Roberto Costal lima et al " Effect of double substituted M-barium hexaferrites on microwave absorption properties" Materials science Poland, Vol22, No.3, 2004.
- 39- Ramesh. C.Paridu, D.Singh and N.K. Agarwal" Implementation of multilayer ferrite radar absorbing coating with genetic algorithm for radar cross. section reduction at x-band". Indain journal of Ridio and space ophysics, Vol.36,2007,p.195-152.
- 40- تحسين حسين وصباح" تحضير فرايتات الباريوم ودراسة قابلية توهينها للموجات المايكروية وامكانية تحقيقها لشروط الموائمة التامة ضمن المدى الترددي (8-12)GH<sub>z</sub> ، مجلة ديالى، م27، 2008.
- 41- الجبوري وآخرون،"دراسة تأثير نسب الخلط للمواد الفعالة على منحنى الاستجابة الترددية لمواد RAM"، مجلة علوم الرافدين، م19، العدد3، 2008.
- 42- الجبوري، "تحضير ودراسة امتصاصية طلاءات من طبقتي الفرايت ( $MnFe_2O_4$ ) والاكاسيد المعدنية المختلفة، ضمن مدى الترددات الكهرومغناطيسية (8-12) GH<sub>z</sub>، مجلة علوم الرافدين، م 19، العدد3، 2008.
- 43- Ahmed M.Elbakly. "Desigin of double layer rubber Radar Absorbing sheet" The on line Journal on Electronics and electical Engineering", Vo(1), No. (1) (2008).

- 44- Neo.chy poh." Calculation of Microwave permeability, permittivity and Absorption properties of Magnetic particle composite", PhD thesis national university of singapore,2010.
- 45- L.Folgueras and M.C.Rezende. "multilayer radar absorbing Materials processing by using polmeric nonwoven and conducting polymer". Mat.Res Vol.11,No.3,(2008).
- 46- المعموري وآخرون "تحسين المتطلبات الهندسية للباريوم فرايت كمادة ماصة للموجات الراديوية" مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، م28، العدد8، 2010.
- 47- كاظم الشجيري وآخرون، "تحضير ودراسة خواص الامتصاصية لمادة الفرايت"، مجلة كلية التربية الاساسية ، العدد:63، 2010.
- 48- Ing kong et al,"Magnetic and Microwave Absorbing properties of magnetite-thermo-plastic natural rubber nano composites" 322(2010).3401-3409.
- 49- Wee Boon; Lee" Radar Absorption comarsion studies of ferrite-Epoxy campsite paint Material M.Sc thesis, Kaisk college, korea.2011.
- 50- D.C.Kulkarni etal" Broad Band Absorbance of Barium Hexaferrite Thick films in the (8-12) GHz Frequncy spectrum" Electronic materials letters, Vo1.7, No.1, (2011), pp.51-57.
- 51- Ismail M. Jaber Huda I. Hammed. "Radar Absorbing Material (ram) and its effect on the radar dectection Range". Journal of Madent ALelem , college vol.5, No.2,2013.
- 52- M.J.Chua and athers , " structure and microwave attenuation characterization of Zn Cuy barium ferrittes synthe sized by sol-gel.auto combustion method " , journal magnetic and magnetic material , 19 (2014)
- 53- ابراهيم علي علو" تحضير مركبات حديدية سيراميكية ذات بني ثانوية  $Ba_xM_{1-x}$   $(xFe_{12}O_{19} \& CO_xM_{1-x}Fe_2O_4)$  المستخدمة في توهين الامواج الراديوية والميكروية ودراسة خصائصها انطروحة دكتوراه- جامعة حلب، سوريا، 2014.
- 54- ناهض علوش، "دراسة تاثير استبدال عنصر ثنائي التكافؤ على الخواص الفيزيائية للنظام المغناطيسي  $Ni_xZn_{1-x-y}MyFe_2O_4$ " ، أطروحة دكتوراه، الجامعة التكنولوجية، 2015.

- 55- رحيم عبد جبر (( تحضير مادة مطاطية مركبة مدعومة بالفرايت  $Zn_x M_{1-x} Fe_2O_4$  لتوهين موجات الرادار X-band لحماية الاهداف العسكرية )) أطروحة دكتوراه جامعة بابل , كلية العلوم , قسم الفيزياء , 2015,
- 56- A.p. Greifer, "IEEE Trans – Magn" , VOL 5(1969) PP. 774-811.
- 57- E.P.Wohlfarth , "Hand Book of Magnetic Material" Vol,3 North-Holland (1982).
- 58- J.smit and H.p.J. wijn, "ferrites philips" Tech lab Netherland (1959).
- 59- K.E.sickafus, J.M.wills and N.W.Grims"Am-ceram. Soc" 82 (1999) PP. 3279-3292.
- 60- P.S.Neelakanta, "Hand book of electromagnetic Materials"; (CRS Press. Washington D.c, 1995).
- 61- Goksu Gurer" Desin and charecterization of electro Magnetic wave absorbing structural composites" Middle east Technical university.2012.
- 62- محمد عبد العزيز وعبد الرحمن الكنهل ، " الكهرومغناطيسيات الهندسية " ، 2005.
- 63- Louh.R.eEynolds . T. G and Buchanan.R.C. Ferrite Ceramics in CeramicMaterials for Electronics edited by Buchanan.R.C 3ed edition Marcel Dekker Inc . New York . 2004 .
- 64- C.K Yuzceelike" Radar Absorbing Materails Design." Monterey 2003.
- 65- Mohsen Jalali" improving Electromagnetic shielding with metallic Nanoparticales php. Montreal, Quebec, Canda.2013.
- 66- E.F.Knott, J.F.shaffer, "Radar cross section"; 2<sup>nd</sup> Edition , scitech, New Yourk, 2004.
- 67- K.j.vinoy and R.M.Jha "Radar Absorbing, Materials from theory to design and characterization" London 1996.
- 68- Fauveauxs, Wojkiewicz JI,"Broad and electro magnetic shields using polyaniline composites Electromagnetics" 2003, 23(8): p617-627.
- 69- Olmedo L, Chateal G,"Microwave characterization and Modeli Zation of Magnetic granular Materials, Journal applied physics. 1993;73(10) , p6992-6994.
- 70- عمار برجس حسن "دراسة الخواص الامتصاصية للموجات المايكروية لمواد RAM ثلاثية الطبقات"مجلة علوم الرافدين- م20، العدد1، ص160-172، 2009.



- 71- G.De.Bellis and other "Electromagnetic Absorbing Nano composites Including Carbon fibers, Nanotubes and Graphen Nano platelets", IEEE 978-1-4244-63077,2010.
- 72- V.A. Zharavlev and other. "Electro magnetic wave Absorbing Charscteristics of Composite Material containing carbony Iron particles". Material scince and application. 2014,5, PP. 803-811.
- 73- J.Ramprecht and Dosjobery. "Biased magnetic Materials in RAM applications. Land university, swedwen 2007.
- 74- L.LHench and J.K.Westo principles of Electronic ceramics." John wiley ,1990.
- 75- Groenou,A.P.Bongers and other , " Magnetism Microstructure and crystal chemistry of spinel ferrites," Materials science and Engineering V3,pp317-392,1969.
- 76- C.Heck, "Magnetic Materials and their applications."Butter worths, London 1974.
- 77- Naito and K. suetake. "Microw. Therory and Tech IEEE. 19,65.(1971).
- 78- S.Yoshida, M.sato, E.Sugawara and X.Shimada J.APPL. Phys.85.4636(1999).
- 79- T.Mada, S.Sugimoto, T.Kagotani, D.Book, M.Homma, H.ota and X.Houjou, Mater. Trans. JIM 41,1172,2000.
- 80- Mosato, S.yoshida, E.sugawara and Y.shimada J.Magn. soc. Jpn.20,4214. (1996).
- 81- M.Matsumoto and Y.Miyata, Magn, IEEE33,523(1997).
- 82- L.Olmedo, co. chateav, C.Deleuze and J.L.Farveille, J.Apple. phys.73, 6992(1993).
- 83- Valenzuela R, "Magnetic Ceramics"Cambridge university press 1994.
- 84- Swallow, D, Jordan.A.K,"The fabrication of ferrite; proc.Br.cerm. soc;2 (1964) ,p1-17.
- 85- Encyclopedia of poylmer science and Engineering, Vol.3.
- 86- Jozef Slama, Anna Gruskova, L'udovit Keszegh, Mojmir Kollar, IEEE Trans, Magn,30,2(1994) PP. 1101-1103.
- 87- John Delmonte, "Metal-filled plastics", Reinhold publishing corporation, New york.
- 88- Snelling. E.C and A.D. Giles , "Ferrite for Inductors and Transforms", Research studies pressLTd, John wiley & Sons Inc- New york.

- 89- محمد حمزة المعموري " الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمتراكب المطاطي " قسم العلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية، اطروحة دكتوراه، 2006.
- 90- J.HKim and H.R.Jeony, J.International Journal of fatigue, 27, 263,2005.
- 91- Charles A.Harper,"Hand Book of Rubber. technology", Galgotia pulishing pvt.Ltd1998.
- 92- Blow C.M and Hepburn ,"Rubber technology and manufacture", 2<sup>nd</sup> edition (1985) London.
- 93- G.Viau, F.Ravel, O.Acher, F.feivet-vinent J.APPL. Phys.76,570 (1994).
- 94- Rezende and other. "Radar Cross section measurement (8-12) GHz of flat. Plates painted with microwave Absorbing Materials". IEEE MTT.S International.2001.
- 95- Bennet, J.C.chambers B.Crossley, G.E,"Characterization of Microwave four- Parameter Materials and its Application in wideband Radar Absorbar Design". IEEE proc. Radar sonar Naviy 141(6).1994.
- 96- Pitman,K.c, Lindley, M.W., Simkin, D.Cooper, J.f "Radar Absorbers Better by Design", IEEE Proceeding 138(3),p223-228,1991.
- 97- Weir, W.B. "Automatic Measurement of Complex dielectric constant and permibility at Microwave Frequencies" Proceedings of the IEEE,62(1), p.33-36,1974.
- 98- Cao, M.,Gin,R.,Qiu., Zhu, J.,"Matching Design and Mismatching Analysis towards Radar Absorbing Coatings Based on Conducting plate" Material and Design, 24.,P.391-396,2003.
- 99- W.D.Callister, Materials science and Engineering", Edition, John wiley and sons, Inc, 2000.
- 100- علي هوبي حليم" تحسين خواص المواد اللدائنية، رسالة ماجستير، جامعة بابل، 1999.
- 101- S.Venkataraman and R.T.Haftka" optimization of Composite panels Areview" ,"14<sup>th</sup> Annual Technical Conference of the American society of composites"Dayton, oH.Sep.P.27-1999.
- 102-Emmet Anthony Herliny.;" Studies of ferrite, Borosilicate and Intercalation Materials",PHD Thesis, UniversiH.V.Keer, "Prineples of Solid state physics", Willey, Eastren LTd, New Delhi, 1993.
- 103-Cullity B.D,"Elements of x-ray diffraction" Addison- wesley, 2<sup>nd</sup> edition , 1978.
- 104-C.G.Koops, phys.Rev.83 (1951) P121-124.

- 105- Standley K.J," Oxide Magnetic Materials", 2<sup>nd</sup> edition , (1972),  
36, Clarendon press, OX fordty College Cork,1999.
- 106- J.shnettler, and D.W.Jahnson, Ferrites proc. Int. Conf., 1971,1,75.
- 107- D.C.Jenn; "Radar and Laser Cross section engineering, 2<sup>nd</sup> edition,  
Amercan Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.2005.
- 108- J.V.Raisanen, "Studiesl on specular and nonspecular reflection RAM  
at submillimeter wave Lengths" Helsinki university of technolog ,  
Radio Laboratory Espoo, 2003.
- 109-Cullity B.D,"Elements of x-ray diffraction" Addison- wesley,  
2<sup>nd</sup> edition , 1978.
- 110-C.G.Koops, phys.Rev.83 (1951) P121-124.
- 111-Standley K.J," Oxide Magnetic Materials", 2<sup>nd</sup> edition , (1972),  
36, Clarendon press, OX ford.

## **ABSTRACT**

In the present study's two types of composite rubber Ferrite material of (Ni-Ferrite), (Mn- Ferrite) and were mixed with of salts of the elements (Ni, Mn) with two Mole of iron chloride using the method of chemical deposition (Coprecipitation). We used X-ray diffraction technique to make sure we get the phase Spinel Ferrite to use it for the preparation of the final composite, which is  $Ni_xM_{1-x}Fe_2O_4$  where M take Mn, and the values of ( $x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1$ ) as well as the use of VSM technology to make sure we get the dia magnetic materials hysteresis loop is very narrow and after making sure that the composite rubber Ferrite material has been mixed with rubber SBR that has been prepared in accordance with the weight ratios (1,2,3)gm then measurements will be taken where the number of samples reach (19) on rubber discs where the samples were tests by conducted using a hardness (Shore-A) to increase hardness of the prepared compounds rubber ferrite and all samples Post with increasing ratio of Ferrite composite as addition Resilience and specific weight as addition the dielectric constant was partially measured the real and the imaginary were studied behavior The real and imaginary dielectric constant with frequency within the frequency range of MHz ( $0.5 \rightarrow 5$ ) were observed in which real and imaginary part values decreased with increasing frequency. Also measurements were obtained using a device (LCR). We also studied the behavior of resistivity with frequency, and with in the same range of frequency that was used in the dielectric constant calculations, also we noted a decrease in electrical resistivity with increasing the frequency and then we measured the attenuation for radio waves using device (vector analytical analyzer) where they measured the loss of the value of reflection in the range frequency (8-12)GHz this means in the (X-Band). absorbency of up to 99% was obtained with different frequency ranges depend on the value of x and with ratio of additional different composite Ferrite to rubber (SBR).

*Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education  
& Scientific Research  
University of AL-qadesiya  
College of Education*



**Prepare Composite Material From Rubber SBR  
Ferrite  $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  and used to  
Attenuation  
Radar Waves**

A Thesis

Submitted to physics Department\College of Education  
for pure science \Al-qadesiya University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master  
of  
Sciences in Physics  
By

**Douaa Abdullah Al -rikabi**  
**Supervised by**  
**Dr. Raheem Abd Jaber Hamddan**  
**Almuramudhi**

2017A.D.

1438A.H.

