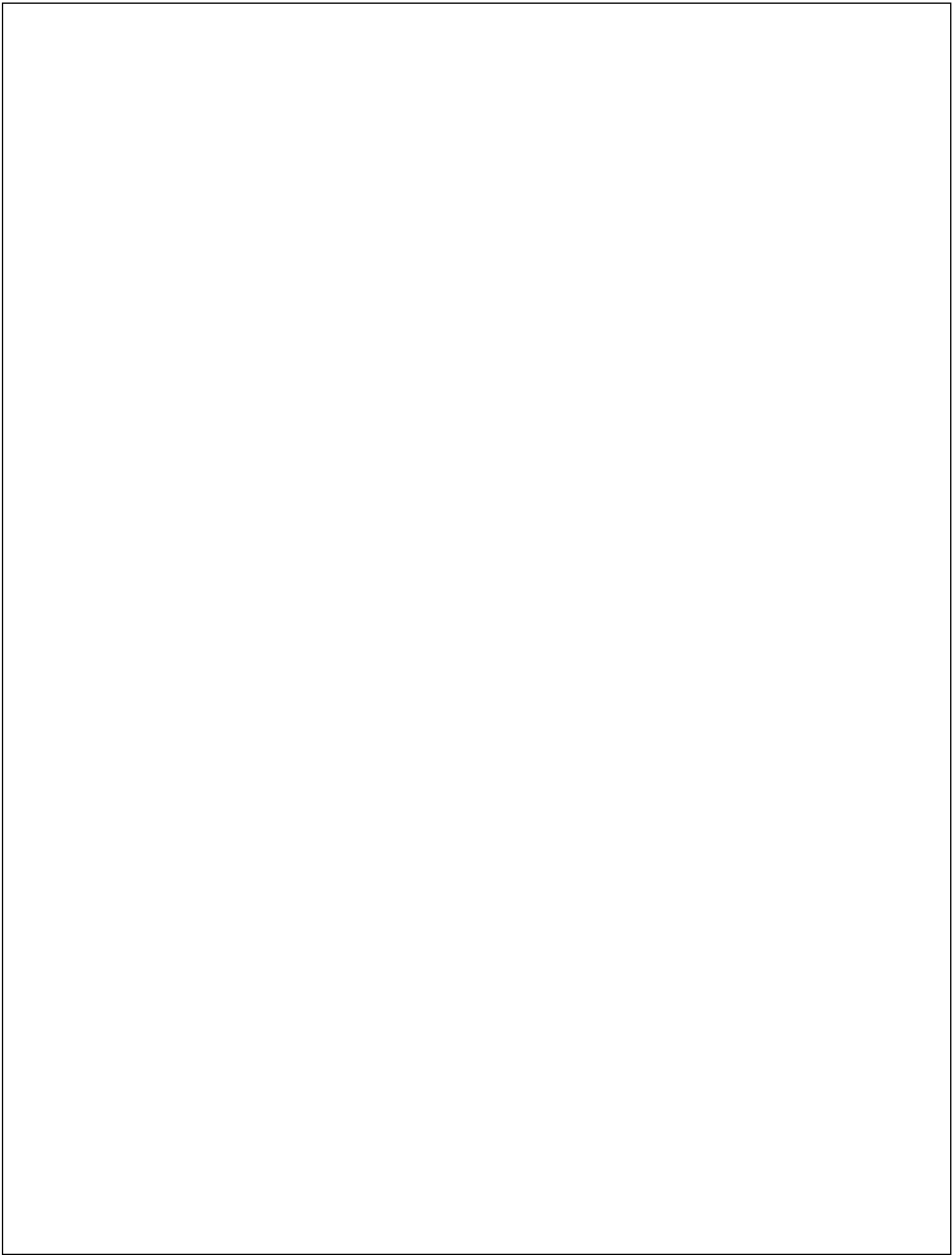




العدد / 203
التاريخ / 8 / 8 / 2017
رقم البحث (4304)



مجلة جامعة كربلاء العلمية
مجلة علمية محكمة
تصدر لأغراض الترقّيات العلمية

قبول النشر



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

تأريست هيئة التحرير البحث المقدم من قبلكم والموسوم:

دراسة الخواص الكهربائية للمعاط المشاب بمواد فيرايتية $(\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4)$
وأستخدامه في التطبيقات المايكروية

بعد الاطلاع على آراء المقيمين تقرر قبول البحث وسينشر في الإعداد القادمة للمجلة، علماً إن تاريخ الاستلام هو

2017 / 5 / 8

دراسة الخواص الكهربائية للمطاط المشاب بمواد فيرايتية ($\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) واستخدامه في التطبيقات المايكروية

Study of the electrical properties of rubber clamps with ferrites ($\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) and use it in micro wave applications

د. رحيم عبد جبر

دعاء عبدالله جلد

جامعة القادسية , كلية التربية , قسم الفيزياء

الخلاصة : تم في هذا البحث تحضير المركبات الفيرايتية 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 (X-ray) للتأكد من الحصول على طور برم فرايت اللازم لتحضير المركب النهائي والذي هو $\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ إذ M تأخذ العنصر Mn قيم $X=(0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1)$ وبعد تحضير المركبات الفيرايتية تم الخلط مع المتراكب المطاطي لمطاط SBR المحضر مسبقاً وفقاً للنسب الوزنية (1,2,3g) حيث وصل عدد العينات الى (19) عينة وشكلت العينات على شكل اقراص مطاطية. وتم قياس ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي وتم دراسة تصرف ثابت العزل الحقيقي والخيالي مع التردد ضمن المدى الترددي من $(0.5 \rightarrow 5) \text{MHz}$ 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

ABSTRACT:

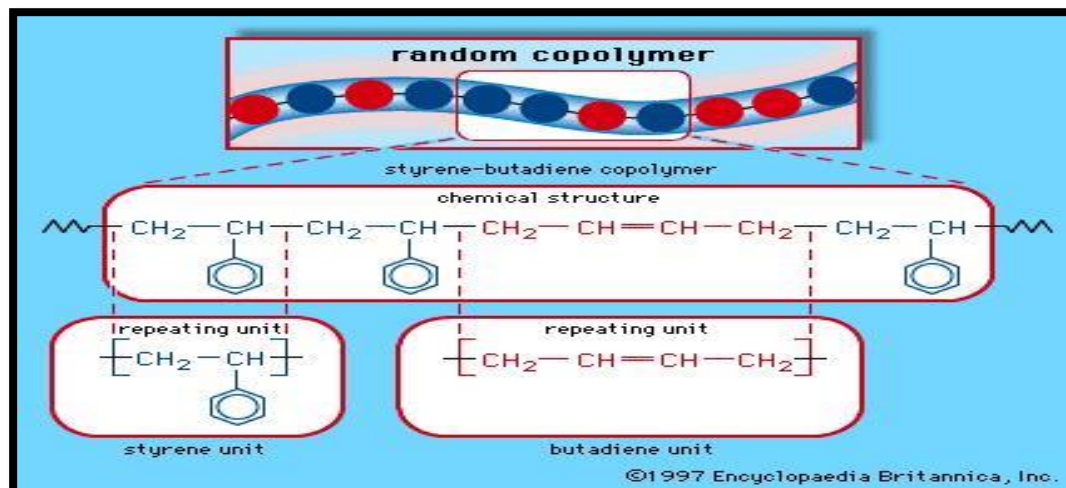
In the present study's two types of composite rubber Ferrite material of (Ni-Ferrites), (Mn- Ferrite) and were mixed with of salts of the elements (Ni, Mn) with two Mole of iron chloride using the method of chemical deposition (Coprecipitation). We used X-ray diffraction technique to make sure we get the phase Spinel Ferrite to use it for the preparation of the final composite, which is $\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ where M take Mn , and the values of $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1)$ 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) then measurements will be taken where the number of samples reach (19) on rubber discs where the samples 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

الكلمات المفتاحية: الفريتات، الخواص الكهربائية، مطاط مركب.

المقدمة:

تظهر الخصائص الكهربائية والمغناطيسية في الفريت نتيجة للتفاعلات المتبادلة بين الأيونات المعدنية المختلفة والتي تشغل مواقع معينة نسبة الى مواقع أيونات الأوكسجين الأساسية في التركيب البلوري للأوكسيد. بالرغم من أن هذه المواد تميل الى مجموعة المواد شبه الموصلة فهي لا تنطبق عليها نظرية الحزمة الاعتيادية بل تفسر ظواهر الانتقال الكهربائي على أساس ضغط الفونون بسبب تنطط الحاملات بين الحاملات الموقعية (localized state) والتي تسمى ايضا بأصالية التنطط (hopping conductivity) [1]. لذلك تمتلك مركبات الفريت المرنة مواصفات مغناطيسية وكهربائية جيدة حيث تمتاز بسهولة تمغنطها وامتلاكها مقاومة كهربائية عالية تقدر بحوالي $(10^4 \Omega \cdot \text{cm})$ أي ان المقاومة الكهربائية لهذه المواد تزيد عن مقاومة المواد ذات النفاذية المغناطيسية العالية بـ $(10^8 - 10^{14})$ مرة و تمتلك ثابت عزل عالي ، وذلك لكون مفقوداتها الناتجة عن التيارات الدوامة (Eddy Current) عند وجودها في مجالات مغناطيسية متذبذبة تشكل مقداراً ضئيلاً . الامر الذي يجعلها تستخدم في صناعة قلوب المحولات (Transformer Cores) وفي أجهزة الاتصالات وكمرشحات (Filters) وملفات الخنق (Chock Coil) وتستعمل كمواضع لتوهين الموجات المايكروية لأخفاء الأهداف الطائرة عن الرادار [2] . الفريتات مواد غير معدنية ولكنها مركبات أوكسيدية أيونية معقدة لمعادن مختلفة ذات لون رصاصي داكن أو أسود، والمشتقة اصلاً من الماكنتايت (أوكسيد الحديد) و صيغته الكيميائية $(\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_3)$ (Fe_2^{2+}O) باستبدال الأيون الثنائي Fe^{2+} بأيونات ثنائية التكافؤ مثل $(\text{Zn}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Cu}^{2+})$ وغيرها من الأيونات ثنائية التكافؤ ، أو قد يتم استبدال الأيون ثلاثي التكافؤ Fe^{3+} بأيونات ثلاثية التكافؤ مثل $(\text{Mn}^{3+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+})$ ، ولذلك تستخدم في صناعة لباب المحولات الكهربائية، وفي صناعة أجهزة الخزن الألكترونية، وفي صناعة بعض أجهزة الموجات الدقيقة، وتدخل في صناعة الناقل الميكانيكي الكهربائي. [3]

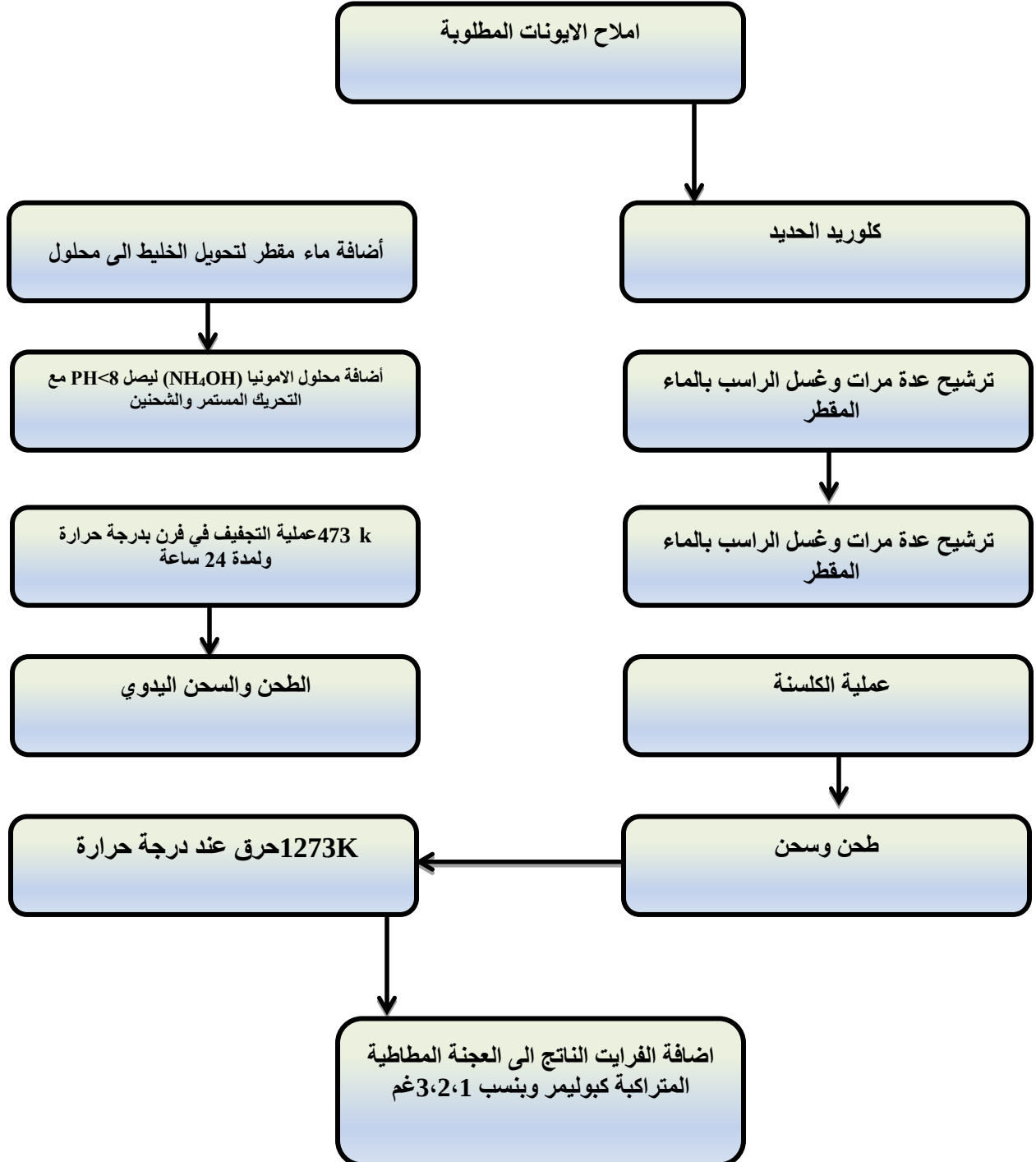
ويعرف مطاط ستايرين-بيوتادين SBR ان مطاط ستايرين-بيوتادين يعتبر من اكثر أنواع المطاط الصناعي اهمية واستعمالاً حيث يعد البديل عن المطاط الطبيعي وهونائج ثنائي يتكون من حوالي 75 %بيوتادين و 25 % ستايرين، والبيوتادين هو غاز سهل التكثيف ويخزن عادة تحت ضغط معين في خزانات كروية . [4] وكما في شكل (1).



شكل (1) يبين الصيغة الكيميائية لمطاط SBR.

تقنية الترسيب الكيميائي المشترك (Co-precipitation Tehnique) :

تم تحضير الفرايتات باستخدام طريقة الترسيب الكيميائي المشترك لما تمتاز به هذه الطريقة من كونها أكثر فعالية وأكثر نقاوة، والمواد الناتجة بهذه الطريقة تكون أكثر تجانساً وأحجام الجسيمات الناتجة تكون صغيرة. ويتم فيها التقليل من زمن عملية الكلسنة. [5]: والمخطط التالي (1) يوضح عملية تحضير الفرايتات باستخدام الطريقة المذكورة :
المخطط رقم (1) يوضح عملية تحضير الفرايت.



تحضير الفرايت :

تحضير فرايت النيكل NiFe_2O_4 :

يتم تحضير فرايت النيكل من أملاح النيكل ومن كلوريد الحديد (FeCl_3) باتباع الخطوات التالية:

(1) الوزن الجزيئي لاوكزالات الحديد 176.85

الوزن الجزيئي لكلوريد الحديد هو 162.21

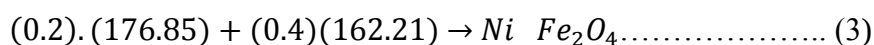
$$n = \frac{w}{w_m} \dots \dots \dots (1)$$

n هو الوزن المطلوب حسابه W هو عدد المولات , w_m الوزن الجزيئي

$$w = n \cdot w_m \dots \dots \dots (2)$$

ومن خلال ملاحظة الناتج النهائي (NiFe_2O_4) ان عدد ذرات الحديد هو ضعف ذرات النيكل لذلك تم (0.2mole) من

أملاح النيكل مقابل (0.4) من كلوريد الحديد وبالتالي تكون معادلة حساب الوزن المستخدمة في التفاعل :



(2) تم مزج (0.4)mole من ايونات الحديد الملحية مع (0.2) mole من ايونات النيكل وتم اكمال المزيج الى (1) mole

وباستعمال الخلط باستعمال خلط مغناطيسي وبأستمرار الخلط تم إضافة هيدروكسيد الامونيوم (NH_4OH) الى المحلول لحين

وصول $\text{PH} \geq 8$ حيث نحصل على محلول كثيف القوام. وتستمر عملية خلط حوالي 3 ساعات. وبعد ذلك تجري عملية

الترشيح للمحلول باستعمال مرشحة بوخزر وبلاستعانة بورق الترشيح

(3) تجري عملية التجفيف في درجة حرارة 473K ولمدة 24 ساعة.

(4) تجري عملية سحق باستخدام هاون سيراميكي ولمدة 6 ساعات.

(5) 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 873K 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.

(6) تجري فحص (X-ray) للناتج للتأكد من الحصول على طور السبنل وذلك بالمقارنة مع الكارت القياسي.

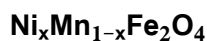
تجري عملية حرق للناتج في فرن حراري تكون درجة حرارته 1273K وهو ما يعرف بالتليد حيث يتم التسخين بمعدل 10^0C حتى نصل

الى درجة حرارة 773K وتستمر عند هذه الدرجة لمدة ساعة وبعد ذلك نبدأ بزيادة درجة الحرارة وبنفس المعدل السابق حتى تصل درجة

الحرارة الى 1073K ويترك لمدة ساعة أيضاً عند هذه الدرجة ثم ترفع درجة الحرارة الى 1273K وهي درجة حرارة النهائية.

وبنفس الطريقة يحضر MnFe_2O_4 .

تحضير الفرايت المترابك



الجدول (1) يمثل الفرايت المترابك.

SBR RUBBER	$\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$	X
100	$\text{Ni}_0\text{Mn}_{1-0}\text{Fe}_2\text{O}_4$	X=0
100	$\text{Ni}_{0.2}\text{Mn}_{1-0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$	X=0.2
100	$\text{Ni}_{0.6}\text{Mn}_{1-0.6}\text{Fe}_2\text{O}_4$	X=0.6
100	$\text{Ni}_{0.8}\text{Mn}_{1-0.8}\text{Fe}_2\text{O}_4$	X=0.8
100	$\text{Ni}_1\text{Mn}_{1-1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	X=1

تحضير العجينة المطاطية المترابكة (Preparation of rubber) composite

ان المواد جميعها التي استخدمت في تحضير العجينة المطاطية المترابكة لمطاط SBR تكون ممزوجة مع بعضها والجدول (2) ، تبين المواد التي تم استخدامها في انتاج المادة المترابكة المكونة من العجينة المطاطية المترابكة لمطاط SBR والفرايت وتم بعد ذلك اجراء الفحوصات عليها.

الجدول (2) يمثل مكونات العجينة المطاطية.

Subject	Pphr
Rubber (SBR)	100
Stearic acid	1.5
Zinc Oxide	3
C.B N320	60
black sulfur	1.5
Castor Oil	15
TMQ	3
TMTD	2
MBTS	1
$\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$	1,2,3,0

الفحوصات والقياسات العملية

أولاً: فحوصات الأشعة السينية

لقد أعتمد فحص حيود الأشعة السينية (XRD) وذلك لمعرفة الحصول على مادة الفرايت المغزلي. وتحديد طبيعة البنية البلورية للنماذج الملبدة . فقد تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية نوع (SHIMADZU) ذات طول موجي (154060) وبسرعة مسح

(5deg/min) .

ثانياً: 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 أجريت القياسات في المدى الترددي من (0.5 → 5) MHz إذ تم تسجيل السعة المقابلة لكل تردد وكذلك زاوية فقد الظل الكهربائي أو ما يسمى عامل الفقد (D) وبعد ذلك تم حساب ثابت العزل من العلاقة [6]:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} \dots \dots \dots (4)$$

إذ A المساحة السطحية للعازل ((العينة المراد فحصها)) ϵ_0 ، سماحية الفراغ وتساوي $8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m C ، C السعة المحسوبة. ϵ_r هي سماحية العينة المراد قياسها. وتم حساب الجزء الخيالي من العلاقة [6]:

$$\epsilon'' = \epsilon' \times \tan \delta \dots \dots \dots (5)$$

وكذلك تم حساب المقاومة الكهربائية من العلاقة [6]:

$$\rho = R \cdot \frac{A}{d} \dots \dots \dots (6)$$

حيث: R: المقاومة بوحدة $\Omega \cdot m$ ، A المساحة السطحية للعينة ، d سمك العينة

والعلاقة بين زمن الاسترخاء والتردد هي علاقة عكسية يمكن كتابتها بالصورة الاتية [7]

$$w = 2\pi f \quad \tau = \frac{1}{w} \text{ إذ } w \text{ التردد الزاوي} \dots \dots \dots (7)$$

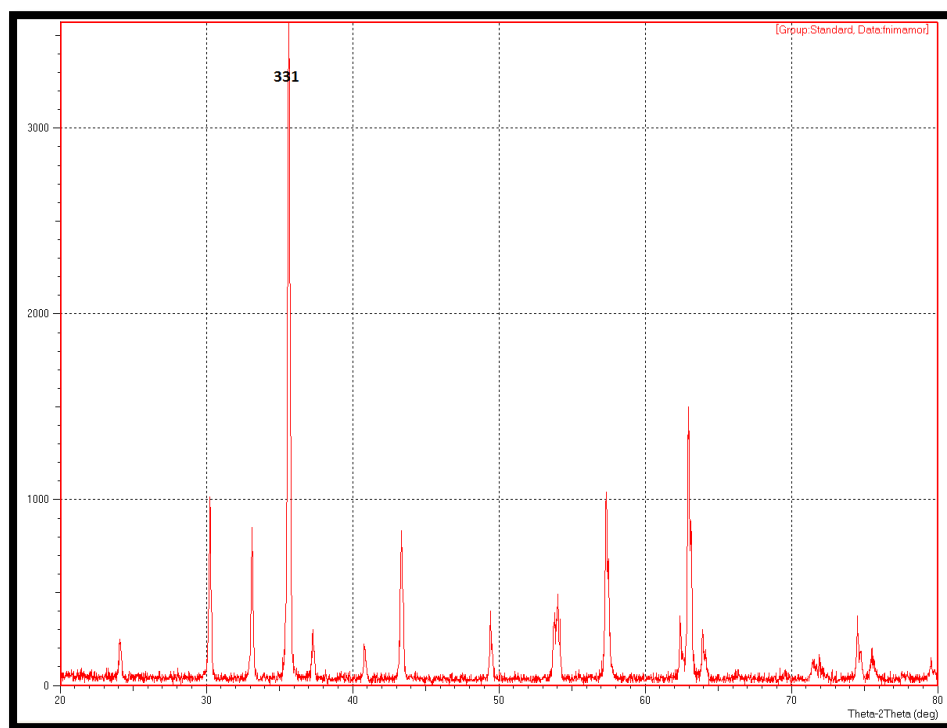
$$\tau = \frac{1}{2\pi f_{max}} \dots \dots \dots (8)$$

النتائج والمناقشة:

من دراسة نتائج حيود الأشعة السينية لفرايت (NiFe_2O_4) و (MnFe_2O_4) المحضر بدرجة (873K) وعند مطابقتها مع (ASTM) للمواد المحضرة ظهرت هناك فروقات لوجود بعض الشوائب وعند حرقها بدرجة (1273K) نحصل على نتائج عند مطابقتها مع البطاقة (ASTM) وجد هناك تطابق جيد معها وان التركيب هو تركيب مكعبي وذلك بمقارنته مع ASTM كما في الاشكال:

(2,3,4,5).

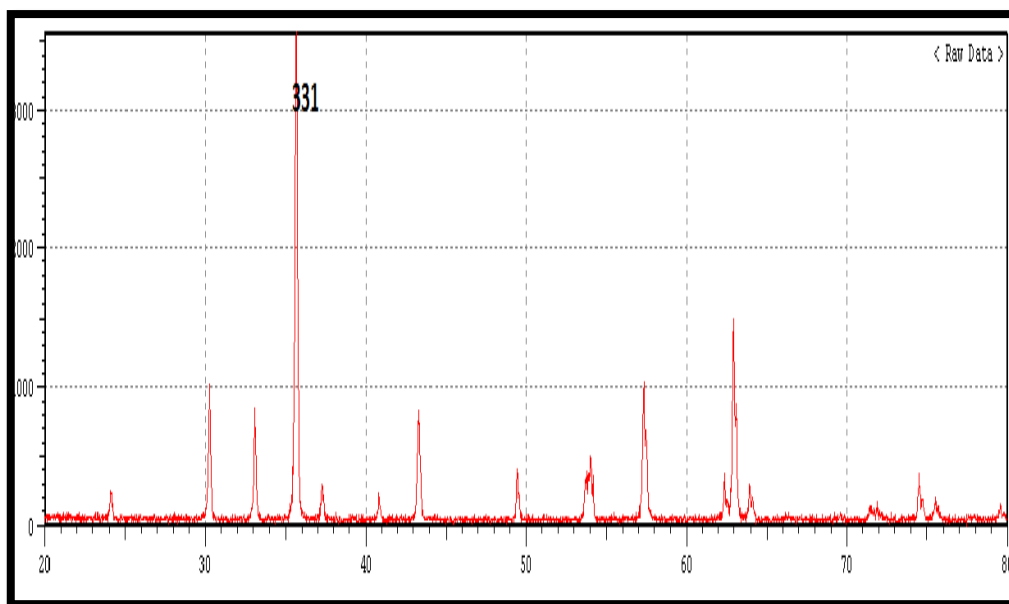
Count/s



2 θ

الشكل (2): يوضح حيود الاشعة السينية ل لفرايت NiFe_2O_4 بعد عملية الكلسنة.

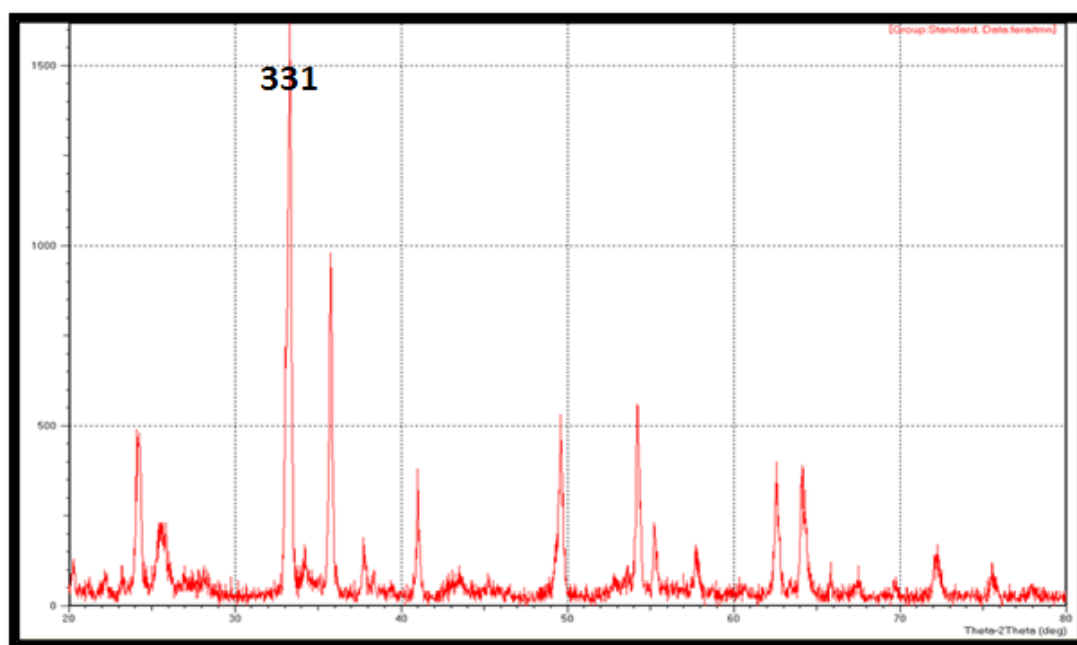
Count/s



2 θ

الشكل (3) : يوضح حيود الاشعة السينية ل لفرايت NiFe_2O_4 بعد عملية الحرق.

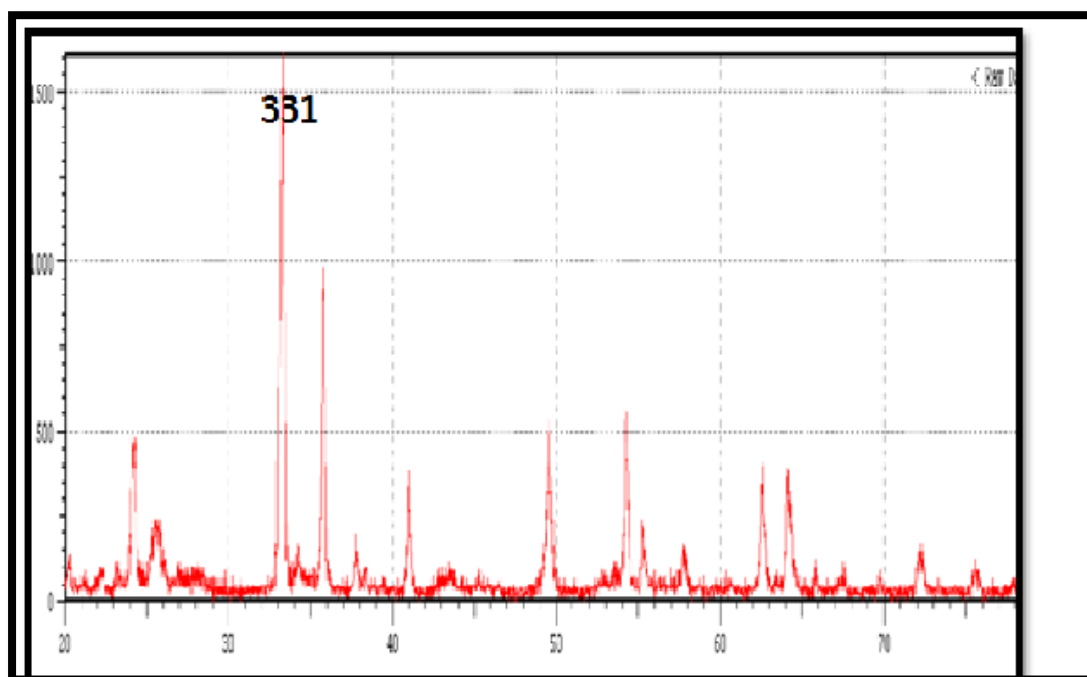
Count/s



2 θ

الشكل (4): يمثل حيود الأشعة السينية لفرايت MnFe_2O_4 بعد عملية الكلسنة.

Count/s

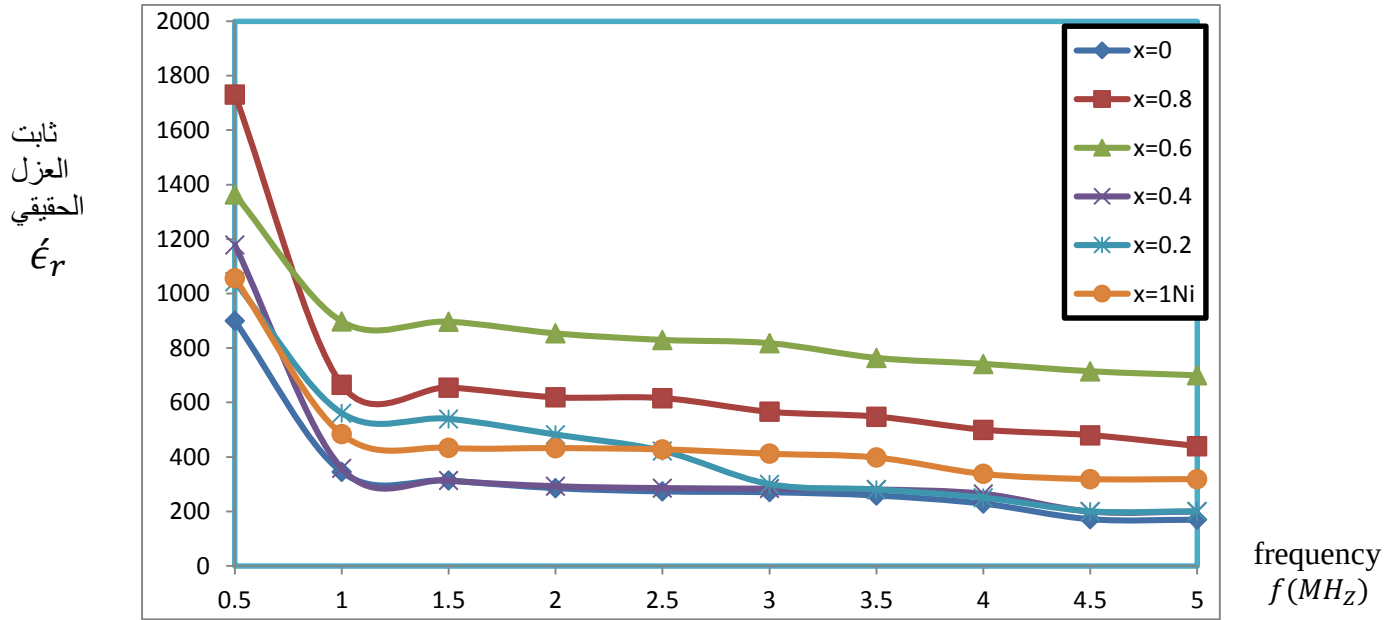


2 θ

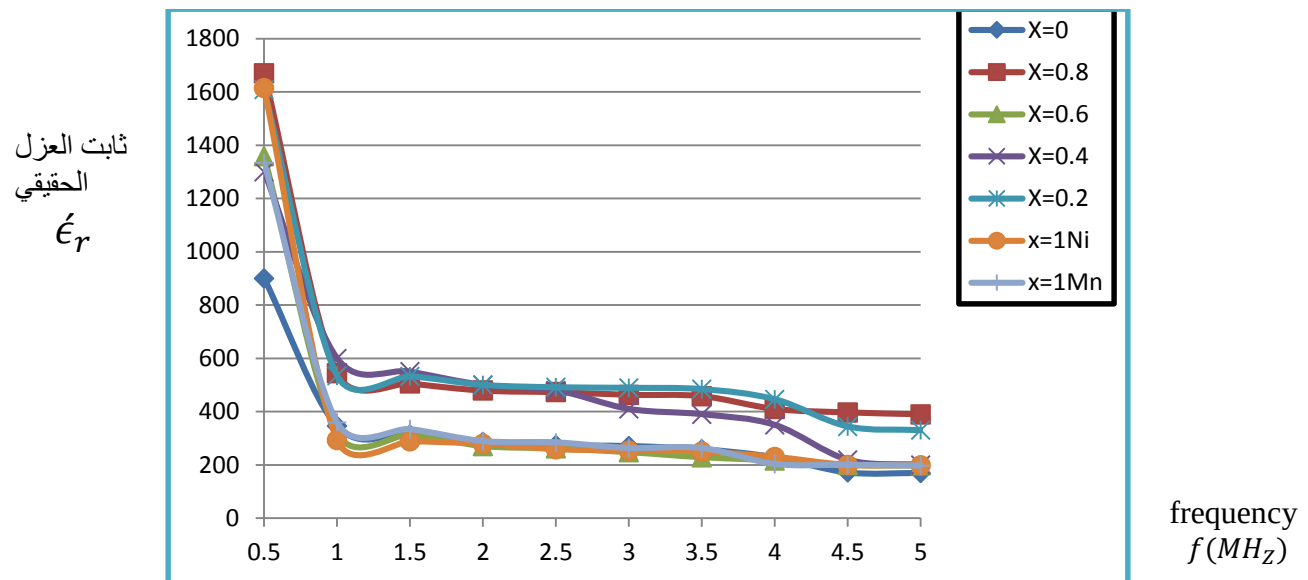
الشكل (5): يمثل حيود الأشعة السينية لفرايت MnFe_2O_4 بعد عملية الحرق.

2- ثابت العزل الحقيقي:

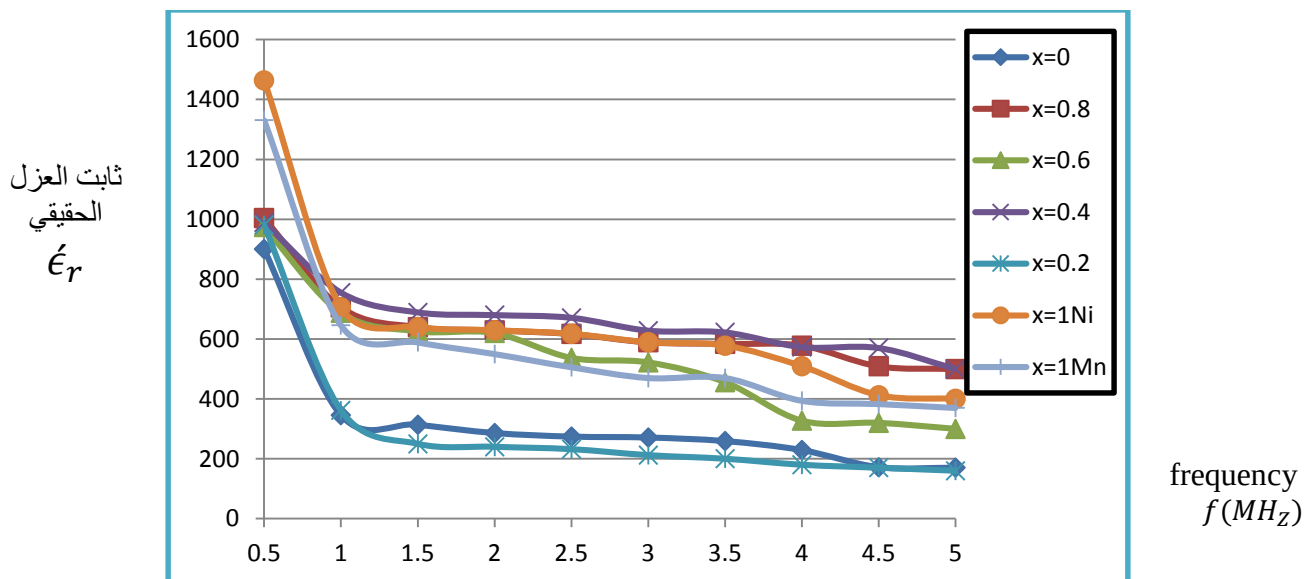
تم دراسة تصرف ثابت العزل الحقيقي للعينات المحضرة مع التردد ضمن المدى المحصور بين (5-0.5) MH ولوحظ تناقص ثابت العزل بازدياد التردد ونلاحظ من الاشكال تصرف ثابت العزل الحقيقي يمكن شرحه على اساس الية استقطاب العازل والذي يشابة التوصيلية الكهربائية ونلاحظ انخفاض في قيمة ثابت العزل حيث في الترددات الواطئة نلاحظ هبوط قيمة ثابت العزل بصورة كبيرة ومفاجئة لان الاستقطاب الناتج عن الاستقطاب البيني او الشحنة الفراغية قد انتهى وهذا يعني ان زمن الاسترخاء قد اقترب من الصفر للشحنات الموجبة او السالبة المتواجدة على الحدود البلورية ويمكن تفسيره ايضا بالاعتماد على ظاهرة التنطط الالكتروني بين ايوني الحديد [6] ويمكن تفسيره حسب نموذج كوبس [7] وطبقا له يمكن اعتبار المادة الفريتية مكونة من طبقتين الحبيبات التي يمكن اعتبارها موصلة جيدة وحدود الحبيبات ذات العزل الواطء في الترددات المرتفعة [8] ومن الاشكال [6,7,8] يتبين أن ثابت العزل الحقيقي الواطئة بينما تشارك الحبيبات ذات العزل الواطء في الترددات المرتفعة [8] ومن الاشكال [6,7,8] يتبين أن ثابت العزل الحقيقي ينخفض بزيادة التردد وبشكل غير خطي وكلما زادت قيمة x للنكل ترتفع قيمة ثابت العزل فعندما تكون قيمة ($x=0.2$) يكون التغير كبير يؤدي الى تشوية في البنية البلورية وبالتالي يزيد من عدد الحدود الحبيبية ويؤدي الى زيادة مقدار المقاومة وبالتالي يزداد ثابت العزل وهذا يتفق مع ماتوصل اليه الباحث ناهض [9].



الشكل: (6) يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 1 غرام من فريت ($Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$) للمركب المطاطي



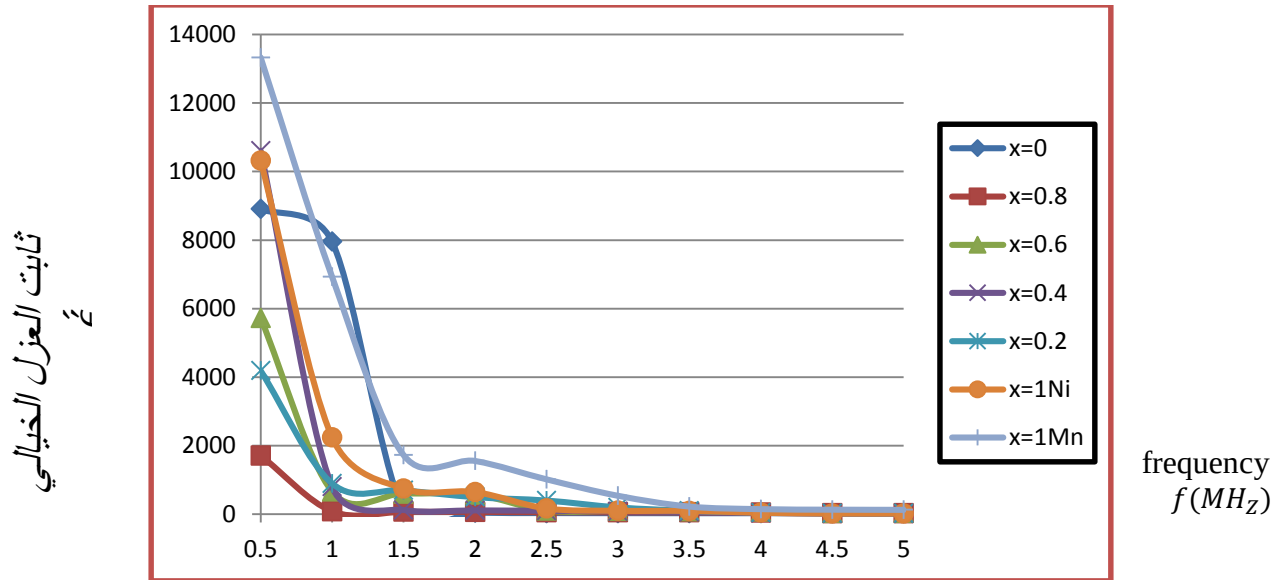
الشكل (7) : يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 2غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4)$ للمترابك المطاطي.



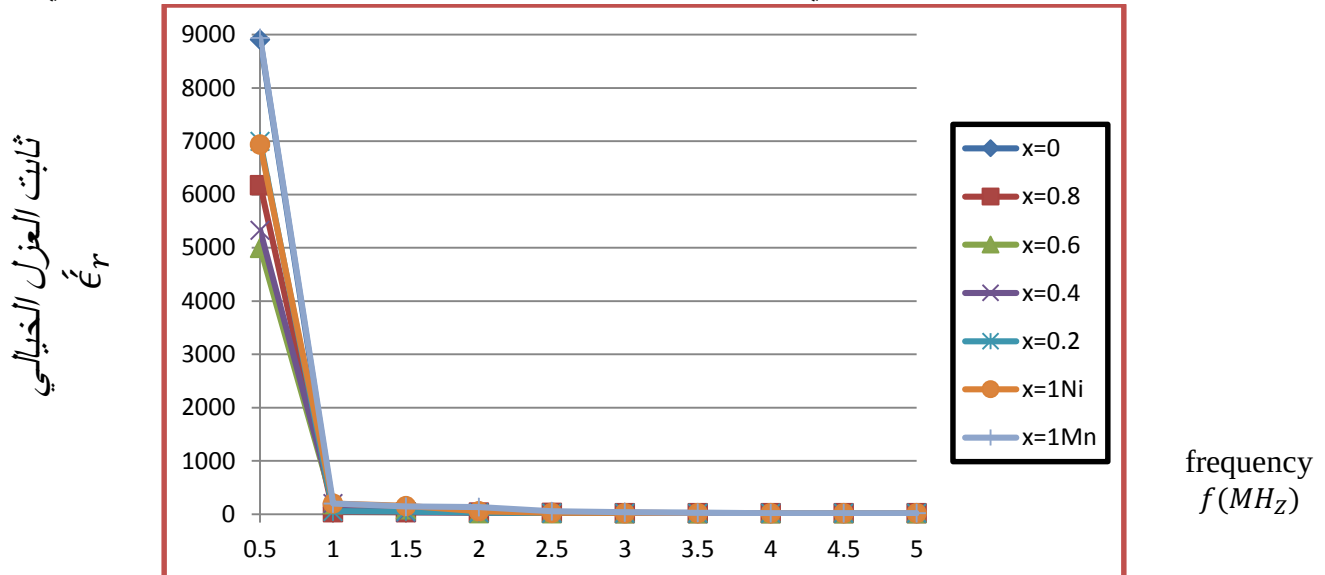
الشكل (8): يمثل تصرف ثابت العزل الحقيقي مع التردد الحقيقي عند اضافة 3غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4)$ للمترابك المطاطي.

3- ثابت العزل الخيالي

نلاحظ تناقص قيم ثابت العزل الخيالي بزيادة التردد له سلوك مشابه لما يبدية ثابت العزل الحقيقي ويمكن تفسير هذا السلوك ايضا الى نموذج كوبس [10] التي تنص على ان المواد الفرايتية مكونة من طبقتين الاولى تمثل الحدود الحبيبية ومن صفات هذه المنطقة أنها ذات عازلية كبيرة .اما المنطقة الثانية فهي منطقة الحبيبات وفيها تكون العازلية اقل من المنطقة الاولى التي تتصف بتوصيلية اعلى .وبزيادة كمية (PPhr) من (2-8) نلاحظ زيادة في ثابت العزل الخيالي

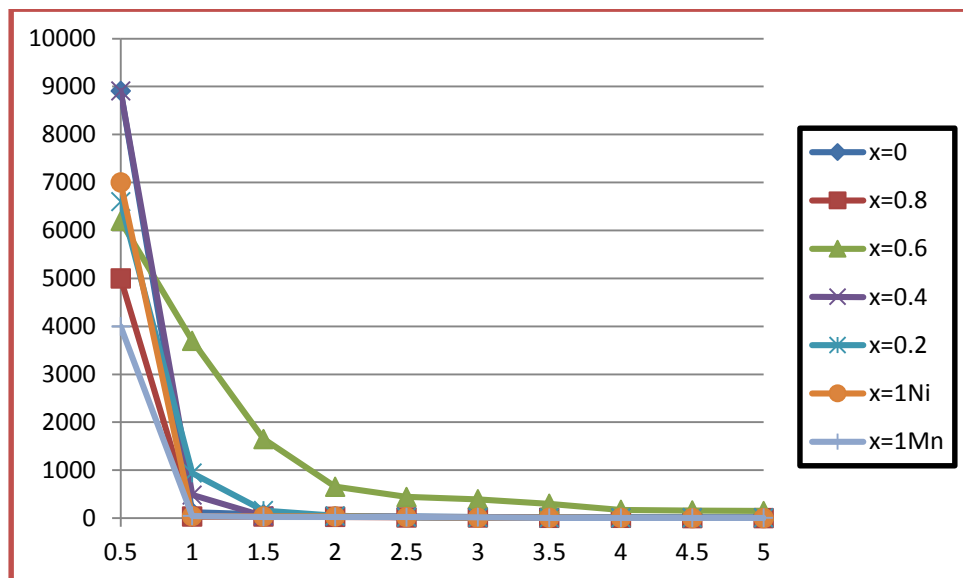


الشكل (9): يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 1غم من فرايت $Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ للمترابك المطاطي.



الشكل (10): يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 2غرام من فرايت $(Ni_xMn_{1-x}Fe_2O_4)$ للمترابك المطاطي.

ثابت العزل الخيالي
 ϵ_r'

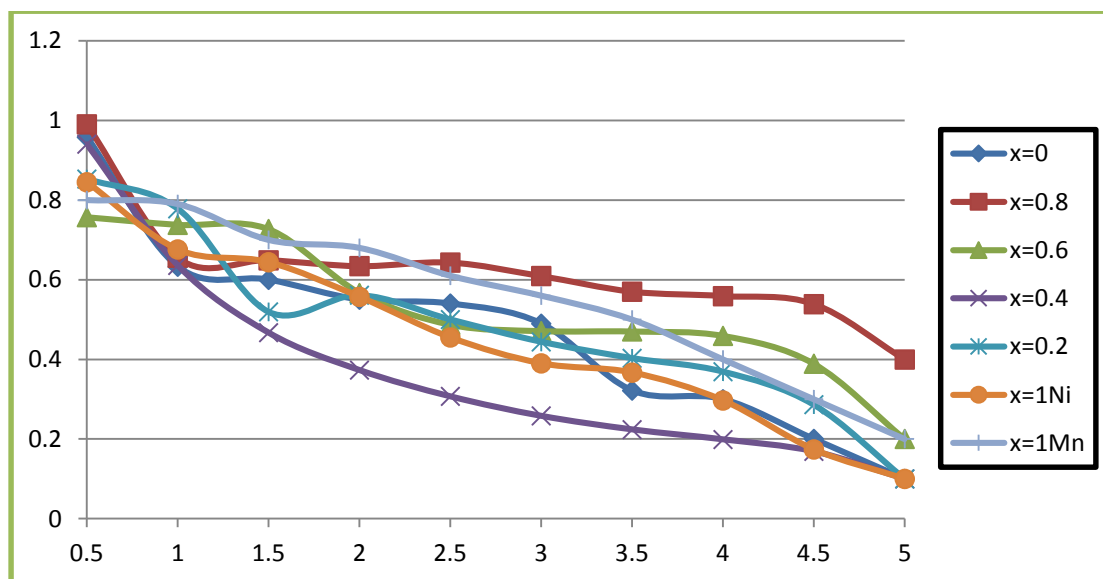


frequency
 $f(MHz)$

الشكل (11): يمثل تصرف ثابت العزل الخيالي مع التردد عند اضافة 3 غرام من فرايت ($Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$) للمركب المطاطي. المقاومة :

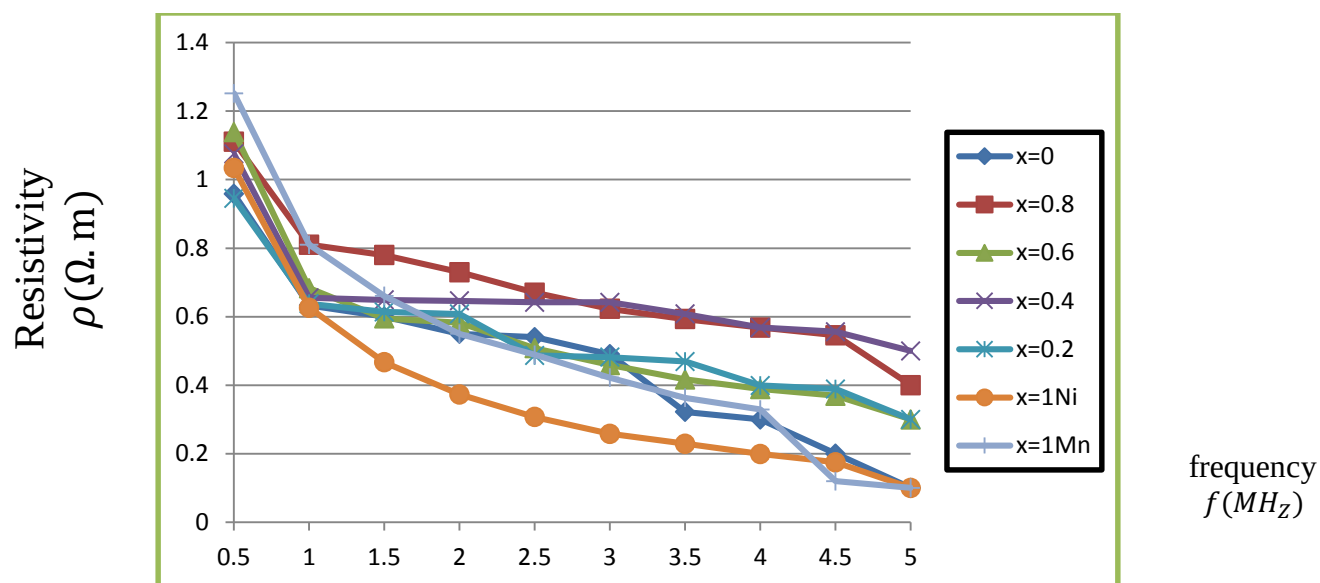
نلاحظ تناقص المقاومة الكهربائية بزيادة التردد إذ تبدي سلوكية مشابهة لما يبدية ثابت العزل الحقيقي والجزء الخيالي لثابت العزل وهذا السلوك يشير الى ان التوصيلية الكهربائية تزداد بزيادة التردد وهذا السلوك يفسر على اساس الية التوصيل في المواد الفريتية تحت تأثير التبادل أو قفز الالكترونات بين ايونات الحديد ثنائية او ثلاثية التكافؤ في المواقع ثمانية السطوح اي المواقع (B-site) [11] عندما تكون المسافة بين اقرب ايونين متجاورين هي اصغر مسافة يحدث القفز الالكتروني في الازاحات الداخلية مما يؤدي الى حدوث الاستقطاب ومن الاشكال نلاحظ ان المقاومة تتناقص بزيادة التردد ونلاحظ زيادة المقاومة بزيادة نسبة (PPhr) من (1-3) ولجميع النماذج .

Resistivity
 $\rho(\Omega.m)$

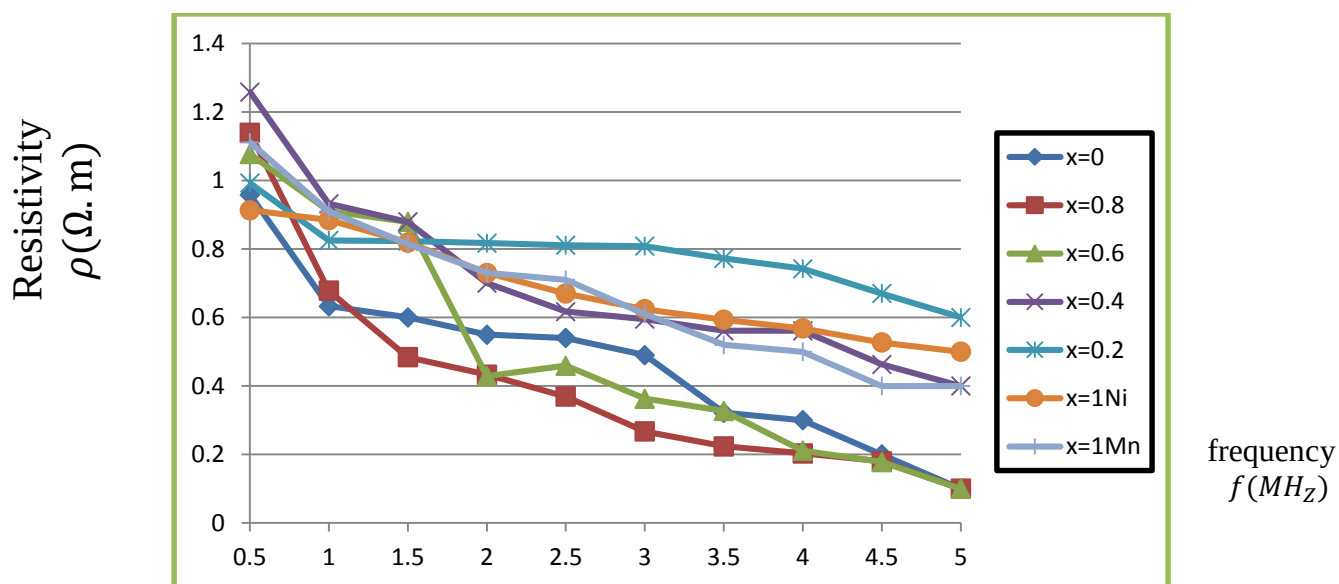


frequency
 $f(MHz)$

الشكل (12): يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 1 غرام من فرايت ($Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4$) للمركب المطاطي.



الشكل (13): يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 2غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4)$ للمركب المطاوي.



الشكل (14): يمثل تصرف المقاومة مع التردد عند اضافة 3غرام من فرايت $(Ni_x Mn_{1-x} Fe_2 O_4)$ للمركب المطاوي.

الاستنتاجات:

1. الطور الفرايتي للعينات المحضرة نلاحظ أنه تشكل بدرجة حرارة (873K) مع ظهور اطوار ثانوية تمثل الشوائب وخاصة الشوائب الناتجة من هيدروكسيد الامونيوم NH_3OH .
2. لاحظنا اختفاء الاطوار الثانوية في الطور الفرايتي عند عملية الحرق التي تمت في درجة حرارة (1273K) وكما تبين في صور حيود الاشعة السينية وحصولنا على طور السبيل فرايت.
3. استنتجنا من خلال دراسة العازلية الكهربائية مع التردد ضمن المدى الموجي (5 - 0.5) تناقص في قيم العازلية الكهربائية وبجزئيتها الحقيقي والخيالي.
4. الزيادة الحاصلة بنسبة الفرايت في المطاط ادى الى زيادة في قيمة ثابت العزل للمركب الفرايتي $(\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4)$.
5. لوحظ تصرف المقاومة بتصرف مشابه لثابت العزل للمركب الفرايتي ولجميع نسب الاضافة مما يدل على التشابه الكبير بين عملية التوصيل والاستقطاب في المواد الفرايتية.
6. 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.

المصادر:

1. -كاظم الاساسية ، الشجيري وآخرون، "تحضير ودراسة خواص الامتصاصية لمادة الفرايت"، مجلة كلية التربية العدد:63، 2010
- 2-القيسي "تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية ، اطروحة ماجستير ، جامعة بابل"، 2002.
- 3-Namit Gandhi "Conjugated Polymer Matrix for EMI shielding Applications", 2009.
- 4--معتر صالح حسن خلف لحي الجبوري" دراسة الخواص الكهربائية والحرارية الألومينات المغنيسيوم – زنك $\text{Mg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Al}_2\text{O}_4$ " رسالة ماجستير ، كلية التربية – جامعة الموصل ، (2005) .
- 5-الياسري عبد الكاظم جعفر ، "تحضير و تقييم فرايتات من نوع $\text{Mn}_x\text{M}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ لتطبيقات الموجات الدقيقة " ، اطروحة دكتوراه ، الجامعة التكنولوجية ، قسم العلوم التطبيقية ، 13-17 ، (2000) .
- 6-K.K. Mallick " Magnetic properties of cobalt substituted M-type barium hexa ferrite prepared by co-precipitation", Journal of Magnetism and Magnetic Materials , 312,418–429, (2007)
- 7-عمر عبد الوهاب احمد" تحضير ودراسة خصائص غشاء متراكب فيرو مغناطيسي- فيرو كهربائي" رسالة ماجستير , جامعة ديالى , كلية العلوم , 2016
- 8-S. Yang An, S. Won Lee, In-Bo Shim, C. Sung Kirn "Magnetic properties of water-based sol-gel derived $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ thin films" IEEE Trans. On Magn., Vol. 37, No. 4, (July 2001).
- 9-ناهض علوش، "دراسة تأثير استبدال عنصر ثنائي التكافؤ على الخواص الفيزيائية للنظام المغناطيسي $\text{Ni}_x\text{Zn}_{1-x-y}\text{MyFe}_2\text{O}_4$ " ، أطروحة دكتوراه، الجامعة التكنولوجية، 2015.
- 10-عمار برجس حسن "دراسة الخواص الامتصاصية للموجات المايكروية لمواد RAM ثلاثية الطبقات"مجلة علوم الرافدين-م20، العدد1، ص160-172، 2009
- 11- رحيم عبد جبر ((تحضير مادة مطاطية مركبة مدعومة بالفرايت $(\text{Zn}_x\text{M}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4)$ لتوهين موجات الرادار band X لحماية الاهداف العسكرية)) أطروحة دكتوراه , جامعة بابل , كلية العلوم , قسم الفيزياء , 2015

