

تحضير نماذج من الفيرايت السداسي نوع X-type ودراسة خواصها المغناطيسية والكهربائية

أوس عباس جاسم أ.م.د. هاشم علي يسر أ.د. حسن عبد ياسر

الخلاصة

تم تحضير المركب متعدد التبلور نوع $Ba_3Cd_{2-x}Ca_{1-x}Fe_{28}O_{46}$ عند النسب $X = 0, 0.5, 1, 1.5, 2$ باستخدام التقنية التقليدية في تحضير السيراميك لخليط متناسب من الاكاسيد، نتائج XRD أثبتت بأن العينات لها تركيب متعدد التبلور ذو طور سداسي نوع Z حيث أظهرت النتائج العملية التي توصلنا اليها تطابقها مع النتائج القياسية. تمت دراسة كل من الانعكاسية والامتصاصية ومعامل التوهين للعينات المحضرة وعددها (5) كدالة للتردد للمدى الترددي (8-12)GHz وملبدة بدرجة $1100^\circ C$. ظهرت القمم الرنينية للفيرايت عند الترددات (8، 9، 11.5، 12).

1. المقدمة

تعتبر مواد الفيرايت Ferrites من اهم المواد المستخدمة كمادة ماصة للأشعة الرادارية وهي مواد فيريمغناطيسية Ferrimagnetics شبة موصلة ذات نفاذية مغناطيسية نسبية ومقاوميه عاليتين وذات ثابت عزل يتراوح بين 10 و 15 وتكون موصليتها الكهربائية قليلة مما يمكن الموجات الدقيقة من اختراق سطوحها . ويتفاعل العزم المغناطيسي للموجه مع العزم المغناطيسي لهذه المواد مما يؤدي الى امتصاص الموجات الداخلة [1]. ويحضر الفيرايت بالطرق التقليدية للحالة الصلبة، وبالطرق الكيميائية المتعددة منها الطريقة السيراميكية وطريقة الترسيب الكيمياوي [2]. بسبب المواصفات الخاصة التي تمتلكها مواد الفيرايت لذا تم استخدامها في العديد من التطبيقات منها تصنيع المحولات وفي تطبيقات الاتصال واجهزة الحماية الحساسة، ومن اهم استخداماتها في تقنية الشبح، كمادة ماصة للأشعة الرادارية ضمن نطاق الموجات الدقيقة ضمن النطاق X-band (8-12 GHz) [3]. يوجد للفيرايتات ثلاثة انواع بلورية مختلفة يمكن تقسيمها الى ثلاث اصناف رئيسية

وهي فيرايت السبينل Spinel والغارنيت Garnet والنوع الثالث هو الفيرايت السداسي [4]. Hexagonal التركيب الأيسر للفيرايت السداسي هو فيرايت نوع M والصيغة العامة لهذا النوع $AFe_{12}O_{19}$ حيث A يمثل أيون فلز ثنائي التكافؤ مثل الباريوم Ba أو السترونشيوم Sn أو الرصاص Pb ويعد فيرايت الباريوم أبسط مثال على هذا النوع من حيث التركيب ويأخذ الصيغة التالية $BaFe_{12}O_{19}$ ويطلق عليه تجارياً [5]. Ferroxdure ويستخدم فيرايت الباريوم بشكل واسع بتطبيقات الموجات الدقيقة [6]. كما توجد أنواع أخرى من الفيرايت السداسي مثل W, X, Y, Z, U [7].

2. الجزء العملي

1.2 تحضير المواد الفيرايتية

تم استخدام الطريقة السيراميكية في تحضير الفيرايت السداسي نوع حيث تم اختيار المساحيق وهي الأكاسيد وبنقاوة 98% حيث تم خلط ومزجها مع كمية مناسبة من الماء المقطر الخالي من الأملاح ثم وضعت داخل فرن لغرض تجفيف العينات ولمدة أربع ساعات وبدرجة حرارة (150) ومن ثم طحن الخليط وتمت غربلته بغربيل 75 مايكرون بعدها تم كبس العينات ومن ثم تم بعدها تلييد العينات داخل فرن بدرجة حرارة $1100^{\circ}C$ وتركت العينات لتبرد بشكل حر داخل الفرن، ومن بعدها أصبحت العينات جاهزة لأجراء القياسات.

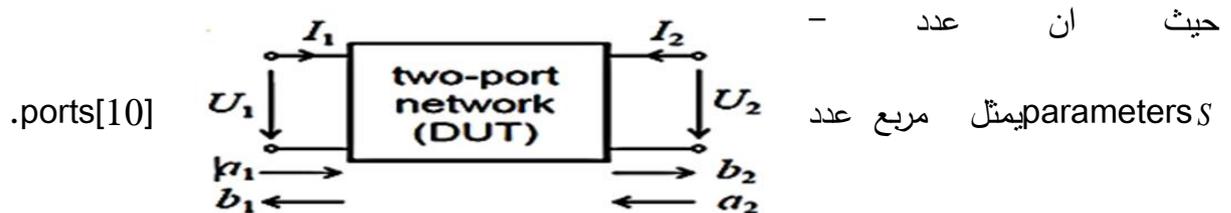
2.2 المحلل الشبكي

يتم استخدام جهاز المحلل الشبكي Network Analyzer للقياس المباشر للعناصر الربعة في مصفوفة الاستطارة scattering matrix (S_{11} ، S_{12} ، S_{21} و S_{22}) بدلاً من قياس معامل الانعكاس والمعاملات الأخرى ويتم القياس المباشر للمعاملات الأربعة وذلك بمسح الترددات المختلف في النطاق السيني

وقياس المعاملات الاربعة لهذة الترددات في مناطقها المختلفة عن طريق رسم منحني (S_{11}, S_{12}) بال dB على شاشة هذا الجهاز [8]. يوضح الشكل (1) مخطط لمنظومة جهاز المحلل الشبكي حيث يتكون من منفذين two port اما المعاملات a_1 و a_2 تستخدم للدلالة على الموجات الداخلة في المنفذين و b_1 و b_2 للدلالة على الموجات الخارجة من المنفذين على التوالي هذه المعاملات تمثل التيار او الفولتية معاملات الاستطارة (S) توضح العلاقة بين الموجة الداخل والموجة الخارجة [9]. يمكن تعريف s -parameters رياضياً بواسطة

المعادلات التالية [10]

$$\begin{aligned} b_1 &= S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \\ b_2 &= S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \end{aligned} \quad (1)$$



شكل (1): مخطط لمنظومة المحلل الشبكي.

يمكن تعريف المتغيرات a_1 ، b_1 في port 1 و a_2 ، b_2 في port 2 بدلالة طور التيار و طور

الفولتية (U_1, I_1, U_2, I_2) وممانعة المصدر Z_0 في الجهاز كالآتي [10]

$$a_1 = \frac{U_1 + I_1 Z_0}{2\sqrt{Z_0}}, \quad a_2 = \frac{U_2 + I_2 Z_0}{2\sqrt{Z_0}}, \quad b_1 = \frac{U_1 - I_1 Z_0}{2\sqrt{Z_0}}, \quad b_2 = \frac{U_2 - I_2 Z_0}{2\sqrt{Z_0}} \quad (2)$$

هناك العديد من الطرق للحصول على السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية من parameters -

S . كل طريقة تحويل تمتلك فوائد وقيود. اختيار الاسلوب يعتمد على عدة عوامل مثل قياس معاملات S وطول

العينة وخصائص العزل المطلوب و سرعة التحويل وكذلك الدقة في تحويل النتائج في عملنا هذا سوف نركز

على طريقة (NRW) Nicholson-Ross-Weir. طريقة NRW تعتمد على المعاملات S_{11} و S_{21} والخوارزمية الخاصة بهذه الطريقة المستخدمة في حساب النتائج تسمى خوارزمية [9]NRW. توفر هذه الطريقة حسابات مباشرة لحساب السماحية والنفذية باستخدام معاملات S . لقياس معامل الانعكاس ومعامل النفذية يتطلب تحديد اربع معاملات S_{11} ، S_{12} ، S_{21} و S_{22} او الزوج (S_{21}, S_{11}) . حيث يعرف هذا الزوج رياضيا بالصورة [11]

$$S_{11} = \frac{\Gamma(1-T^2)}{(1-\Gamma^2T^2)} \quad (3)$$

$$S_{21} = \frac{T(1-\Gamma^2)}{(1-\Gamma^2T^2)} \quad (4)$$

حيث ان T يمثل معامل النفاذ في (twoport) و Γ يمثل معامل الانعكاس. هذه المعاملات يمكن الحصول عليها وبصورة مباشرة في جهاز المحلل الشبكي. في خوارزمية NRW يعبر عن الانعكاسية والنفذية بدلالة معاملات الاستطارة S_{11} و S_{21} امام معامل الانعكاس يعطى بالعلاقة التالية [12,11]

$$\Gamma = \eta \pm \sqrt{\eta^2 - 1} \quad (5)$$

حيث تكون قيمة $|\Gamma| < 1$ وان η تعرف بالصورة

$$\eta = \frac{S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1}{2S_{11}} \quad (6)$$

يمكن ايجاد الجذر اعلاه عندما يكون $(\Gamma < 1)$ اما معامل النفذية فيعطى بالعلاقة التالية [12]

$$T = \frac{S_{11} + S_{21} - \Gamma}{1 - (S_{11} + S_{21})\Gamma} \quad (7)$$

والنفذية المغناطيسية بالعلاقة [13]

$$\mu_r = \frac{\lambda_0 g}{\Lambda} \left(\frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \right) \quad (8)$$

حيث أن

$$\lambda_{0g} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}}} \quad (9)$$

باستخدام التعريف في معادلة (9) نحصل على

$$\mu_r = \frac{1+\Gamma}{\Lambda(1-\Gamma) \sqrt{\frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}}} \quad (10)$$

حيث ان λ_0 تمثل الطول الموجي للفضاء الحر و λ_c أطول طول موجي يمر خلال دليل الموجه (الطول

الموجي الحرج) و المعامل Λ يعطى بالعلاقة [13]

$$\frac{1}{\Lambda^2} = \left(\frac{\varepsilon_r \mu_r}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2} \right) = - \left(\frac{1}{2\pi\ell} \ln \left(\frac{1}{T} \right) \right)^2 \quad (11)$$

اما السماحية الكهربائية فتعرف بالعلاقة [13,11]

$$\varepsilon_r = \frac{\lambda_0^2}{\mu_r} \left(\frac{1}{\lambda_c^2} - \left(\frac{1}{2\pi\ell} \ln \left(\frac{1}{T} \right) \right)^2 \right) \quad (12)$$

حيث ان ℓ هنا يمثل سمك العينة. باستخدام المعادلات (10) الى (12) ينتج

$$\varepsilon_r = \mu_r \frac{(1-\Gamma)^2}{(1+\Gamma)^2} \left(1 - \frac{\lambda_0^2}{\lambda_c^2} \right) + \frac{\lambda_0^2}{\lambda_c^2} \frac{1}{\mu_r} \quad (13)$$

يمكن تعريف معامل الانكسار على انه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته في الوسط المادي

ويبينمدناثرالمادقبالامواجالكهرومغناطيسية ويعطى رياضياً بالعلاقة [14]

$$n = \sqrt{\mu_r \varepsilon_r} = \pm \frac{j\lambda_0}{2\pi L} \ln \frac{1}{T} \quad (14)$$

من ضمن المعادلات التي نحتاجها في هذه الطريقة هي مقدار الممانعة المميزة للمادة والتي تعطى بالعلاقة

[14]

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}} = \pm \sqrt{\frac{(1+S_{11})^2 - S_{21}^2}{(1-S_{11})^2 - S_{21}^2}} \quad (15)$$

وبالتالي فإن ثابت العزل والنفاذية المغناطيسية النسبية يمكن حسابها من خلال العلاقات [15]

$$\epsilon_r = \frac{n}{Z} \quad (16)$$

$$\mu_r = nZ \quad (17)$$

اما فقد الانعكاس الناتج عن طبقة الطلاء فيعطى بالعلاقة التالية [16,9]

$$R(dB) = -20 \log_{10} \left| \frac{Z_{in} - 1}{Z_{in} + 1} \right| \quad (18)$$

حيث أن

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh(-i2\pi f \ell/c \sqrt{\epsilon_r \mu_r}) \quad (19)$$

وهنا تمثل f تردد الموجة الدقيقة (المايكرويه) . بعد حل معادلة معامل الانعكاس من المعادلة (5) يمكن

الحصول على الامتصاصية باستخدام المعادلة [17]

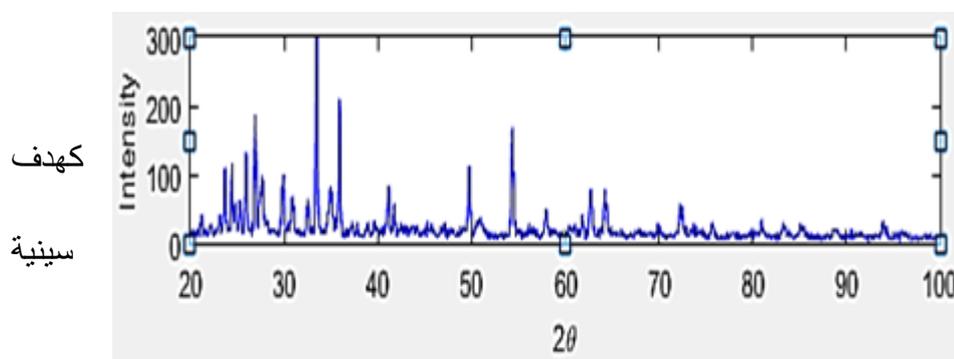
$$\Gamma^2 + A^2 = 1 \quad (20)$$

حيث A يمثل معامل الامتصاص.

3. النتائج والمناقشة

لتحديد مكونات عينات الفيرايت المستخدمة فقد تم فحصها باستخدام حيود الاشعة السينية XRD يتم استخدام

جهاز (XRD-6000)



المصنوع في اليابان والذي

يستخدم فيه النحاس Cu

في الانبوب ليجهاز اشعة

بطول موجي قدرة

$\lambda = 1.54060 \text{ \AA}$ وتم المسح ضمن المدى $(20^\circ - 60^\circ) = 2\theta$. الشكل (2) يبين نتائج فحوصات الشعبة

السينية وبعد مطابقة القيم العليا Peaks مع الجداول المعدة سلفاً (ASTM) والتي اظهرت النتائج تطابق القمم

مع ظهور اطور ثانوية.

الشكل (2): نمط حيود الاشعة السينية للعينه $Ba_2Cd_{2-x}Ca_xFe_{28}O_{46}$.

أجريت فحوصات الامتصاصية لجميع العينات الفيرايتية المحضرة والبالغ عددها (5) عينة باستخدام

جهاز المحلل الشبكي ومن ثم يتم حساب Γ^2 و A^2 باستخدام المعادلات (5) و (20) على التوالي وأجريت

جميع القياسات عند النطاق السني (X-band). تم إجراء القياسات لجميع العينات الفيرايتية الملبدة بدرجة

حرارة 1100 C° وأما بالنسبة للرسوم البيانية فتتضمن Γ^2 و A^2 و μ_r و ϵ_r و S_{11} و S_{21} كدالة للتردد في درجة

حرارة واحدة للتلييد. الشكل (3) يمثل قيم S_{21} و S_{11} المقاسة بوحدة (dB) حيث ان اللون الازرق يشير الى

الجزء الحقيقي والخط الاحمر يشير الى الجزء الخيالي. الشكل (4) تشير الى Γ^2 و A^2 كدالة الى التردد حيث

ان اللون الازرق يمثل قيمة Γ^2 واللون الاحمر قيمة A^2 . في حين ان العمود الآخر يشير الى مقدار معامل

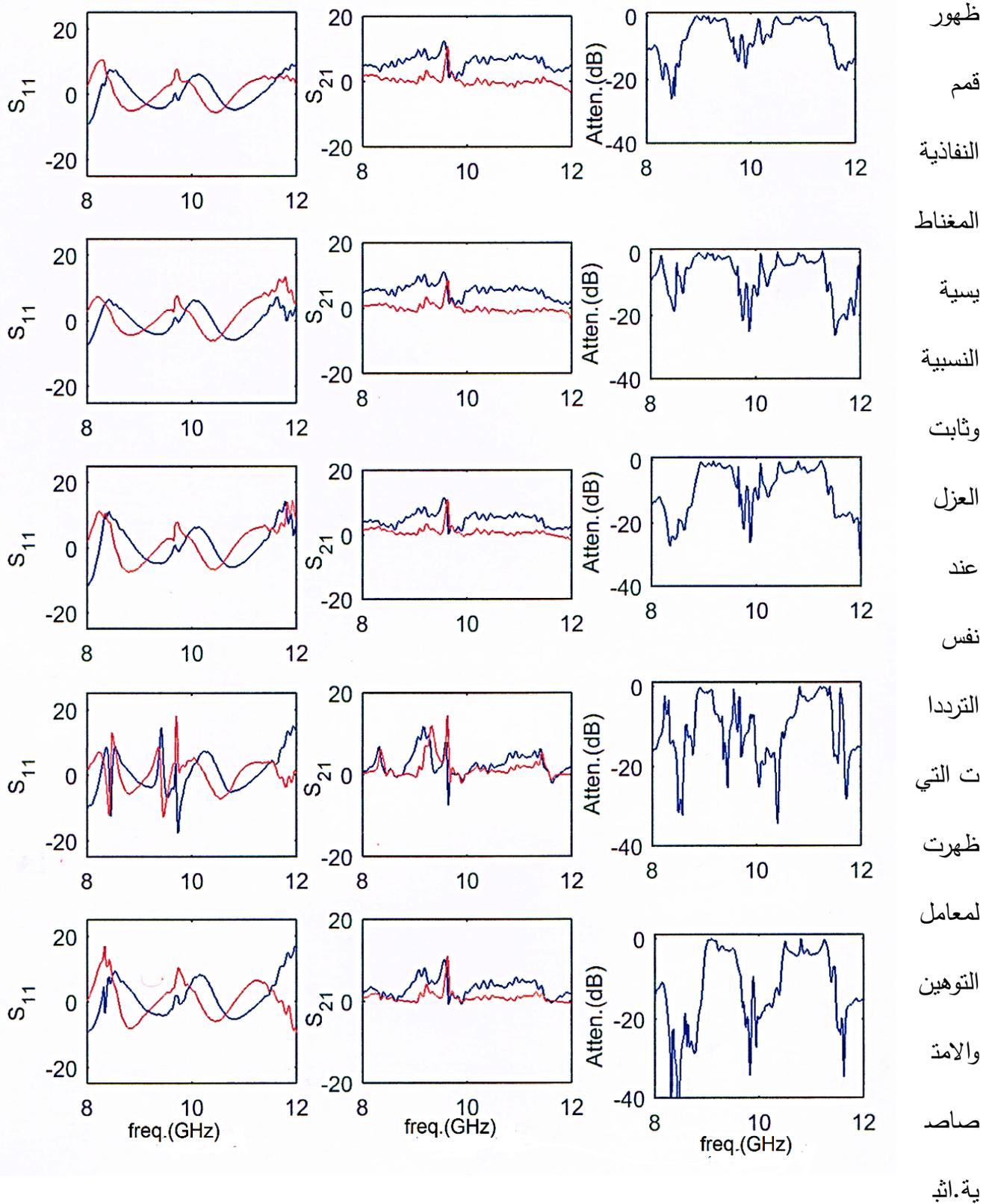
الانكسار حيث ان اللون الازرق يشير الى الجزء الحقيقي والخط الاحمر يشير الى الجزء الخيالي. أما الشكل

(5) فأنها تشير الى μ_r و ϵ_r حيث ان اللون الازرق يمثل الجزء الحقيقي واللون الاحمر يمثل الجزء الخيالي.

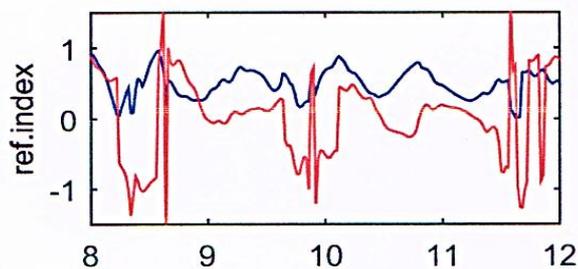
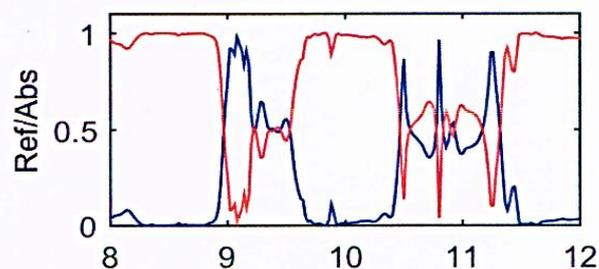
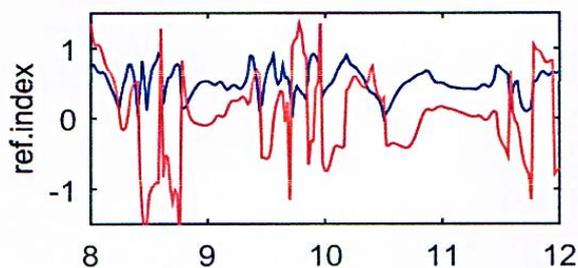
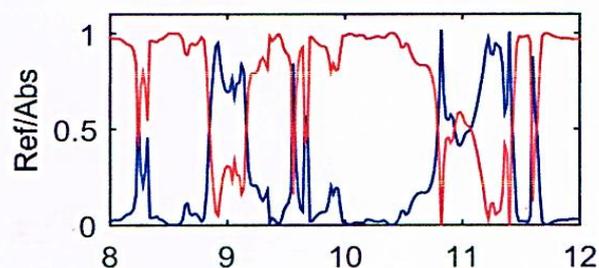
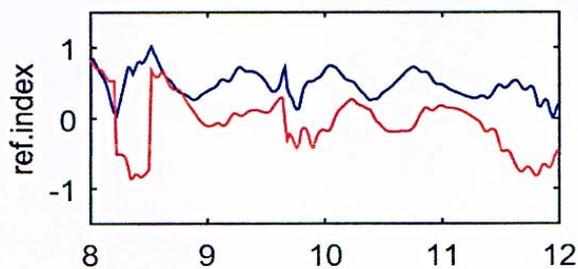
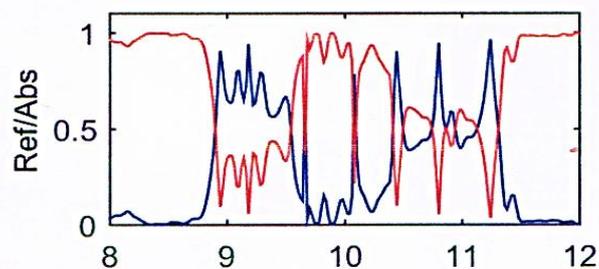
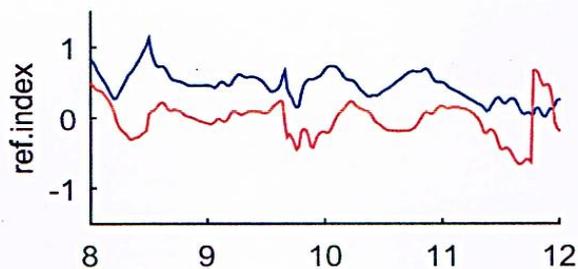
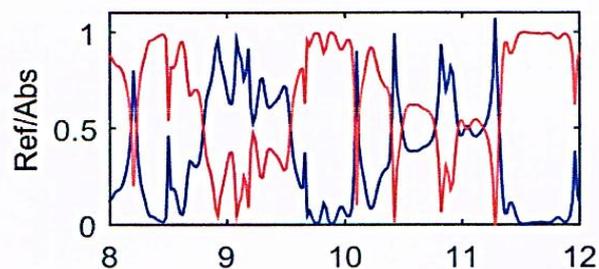
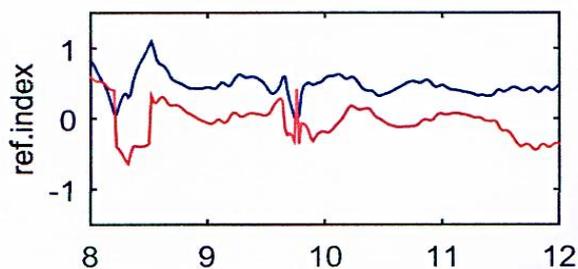
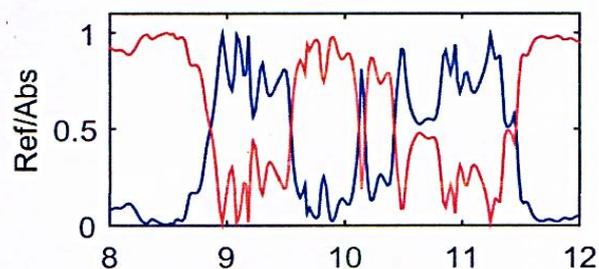
من الاشكال (3) الى (5) نلاحظ أن قيم S_{11} و S_{21} و Γ^2 و A^2 و μ_r و ϵ_r تتغير تبعاً لتغير التردد. يتبين ان هنالك قمم رنينية لكل نماذج الفيراييت وتتكون القمم الرنينية عندما تحدث مواعمة بين قيم النفاذية المغناطيسية النسبية والسماحية وثابت العزل لمادة الفيراييت وهذه القمم الرنينية تعود الى دوران اتجاهات الحقول المغناطيسية $DomainRotation$ وحركة جدار الحقل المغناطيسي $Domain Wall Movement$. ويلاحظ أن أفضل قيم للامتصاصية تعتمد على اكتمال تكون مادة الفيراييت. يمكن تصنيف قياسات الامتصاصية لكل مركب من المركبات الخمس لهذا النوع كالاتي: نلاحظ من الاشكال (3) الى (5) الخاصة بالمركب واللذان يمثلان منحيات الامتصاصية ومعامل التوهين مع التردد بوحدة GHz أن أعلى قيم معامل التوهين عند $X = 0$ هي (-20 ، -25 ، -24 ، -18 ، -20) عند الترددات (8.3 ، 8.5 ، 8.7 ، 10 ، 11.6) GHz وان قيم الامتصاصية المقابلة لقيم معامل التوهين (8، 9.98، 0.97، 0.90، 0.93) على التوالي. وللمركب عند $X = 0.5$ فيمكن ملاحظة ان اعلى قيم الامتصاصية هي (0.99 ، 0.96 ، 0.92 ، 0.98، 0.98) عند الترددات (8 ، 8.4 ، 9.86 ، 10 ، 11.6) GHz على التوالي وان قيم معامل التوهين المقابلة للامتصاصية عند نفس درجة الحرارة هي (-15 ، -19 ، -22 ، -23 ، -24) عند نفس الترددات. أما بالنسبة لفيراييت عند $X = 1$ فيمكن ملاحظة ان أعلى قيم معامل التوهين هي (-24 ، -15 ، -25 ، -23 ، -24 ، -20) عند الترددات (8 ، 8.5 ، 9.56 ، 10.4 ، 10.6 ، 11) GHz ونلاحظ تداخل القمم الرنينية عند بداية ونهاية النطاق السيوني اي ان عرض نطاق الامتصاص الجيد الخاص بها يكون في بداية ونهاية ترددات النطاق السيوني. أما فيما يخص المركب عند $X = 1.5$ فيمكن ملاحظة أعلى وان قيم معامل التوهين (-19 ، -36 ، -25 ، -38 ، -30) عند الترددات (8 ، 8.5 ، 9.5 ، 10.5 ، 11، 7) GHz . وقيم الامتصاصية المقابلة لها كانت (0.98، 0.99، 0.97، 0.96، 0.95) على التوالي. وأخيراً بالنسبة للفيراييت المتكون $X = 2$ فيمكن ملاحظة وان قيم معامل التوهين هي (-38 ، -25 ، -35 ، -34) عند الترددات (8 ، 9 ، 10 ، 11.5)

GHZ اما بالنسبة للمتصاصية فنلاحظ مقارنة نتائج العينة مع العينة عند $X = 1$ ويكون عرض الامتصاص الجيد للعينة عند بداية ونهاية النطاق السيني وعند المقارنة بين العينات نجد نلاحظ ان هذه العينة اكثر امتصاصية واوضح قمم . كذلك نلاحظ ان القمم الرنينية لعامل النفاذية المغناطيسية النسبية ولثابت العزل تظهر عند نفس الترددات التي تظهر عندها قمم الامتصاصية والانعكاسية والسبب في ذلك يعود الى اعتمادية جميع المعاملات على الترددات وعلى قراءات المعاملات S_{11} و S_{21} . الجزء الحقيقي للنفاذية المغناطيسية النسبية ولثابت العزل اكبر من الجزء الخيالي ولجميع العينات وذلك يعني زيادة التوصيلية الكهربائية للفيراييت .

4. الاستنتاجات اعتمادا على لنتائج يمكن ان نستنتج: العينة عند $X = 2$ هي العينة الاكثر امتصاصاً وتوهيناً للاشعة الرادارية اما العينة الثانية عند $X = 0.5$ التوهين والامتصاصية للاشعة الرادارية قليلة نسبياً. ان افضل امتصاصية للعينات الخمس بصورة عامة هي عند بداية ونهاية النطاق السيني. اعتماد معامل التوهين والامتصاصية على قيم النفاذية المغناطيسية النسبية وثابت العزل وخاصة الاجزاء الخيالية منها حيث لوحظ



تت فحوصات يود لاشعة السينية ان الطور المتكون هو طور بلوري سداسي التركيب.



الشكل

(3):

منحنيا

ت

و S_{11}

S_{21}

ومعامل

التوهين

كدالة

للتردد

للمركب

$Fe_{28}O_{46-x}$

حيث

1.5,1,1.5,2

على

الترتيب

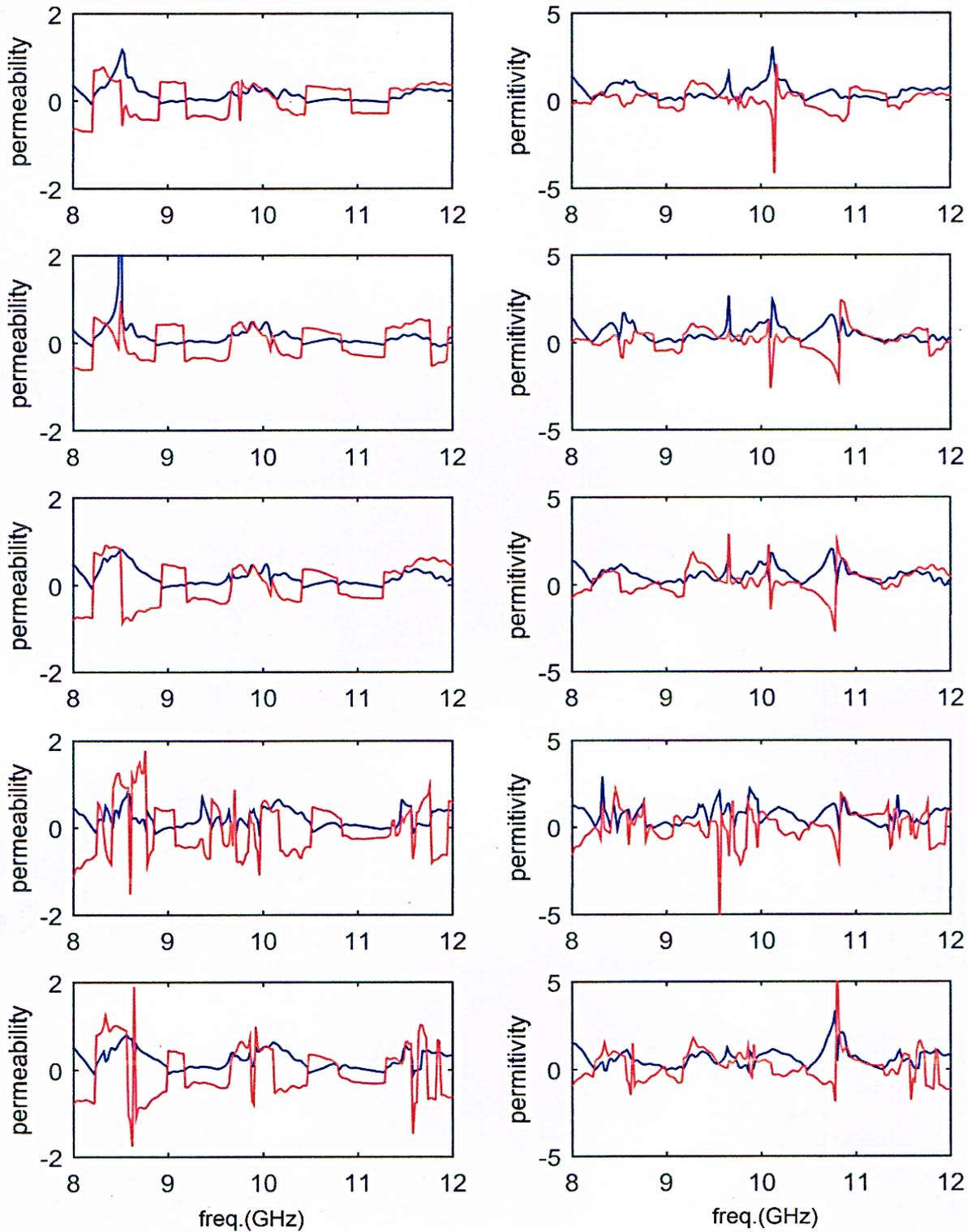
.

الشكل

(4):ألا

نعكاسية، الامتصاصية ومعامل الانكسار كدالة للتردد

للمركب $Ba_2Cd_{2-x}Ca_xFe_{28}O_{46}$ حيث أن الأسطر تشير الى $X = 0,0.5,1,1.5,2$.



الشكل
:(5)
النفاذية
المغناط
يسية
النسبية
وثابت
العزل
كدالة
للتردد
للمركب
 $Fe_{28}O_{46}$
حيث
أن
الأسطر
تشير
الى
5,1,1.5,2

المصادر

[1] P.J.B. Clarricoats, "Microwave Ferrites", Chapman and Hall Ltd., London, 1961.
[2] M. Feder, et al, "Consideration of nickel –Zinc Ferrite Preparation," Jour. Of Mater. Sci. Letters, Vol.4, P.1485, 1985.

- [3] K. Vinoy and R. Jha, "Trends in Radar Absorbing Materials Technology", Sadhana, Vol.20, part. 5, pp. 815–850, October 1995.
- [4] W.H.V. Aulock, "Handbook of Microwave Ferrite Materials," Acad press, New York, 1965.
- [5] B. Lax, J. Button, "Microwave Ferrites and Ferrimagnetic", McGraw–Hill Book company, Inc., New York, 1962.
- [6] W. Li, X. Qiao, M. Li, T. Liu, H. Peng, "*La* and *Co* Substituted *M*–type Barium Ferrites Processed by sol–gel Combustion Synthesis", Materials Research Bulletin 48, pp. 4449–4453, 2013.
- [7] Ü. Özgüri, Y. Alivov, and H. Morkoç, "Microwave Ferrites, Part 1: Fundamental properties", Journal of Materials Science: Materials in Electronics, pp. 1–169, 2009.
- [8] Chen, L. F., C. Ong, and C. Neo, "Microwave Electronics Measurement and Materials Characterization", John Wiley & Sons, Ltd., 2004,
- [9] H. Bayrakdar, "Electromagnetic Propagation and Absorbing Property of Ferrite Polymer Nanocomposite Structure", Progress In Electromagnetics Research M, Vol.25, pp. 269–281, 2012.
- [10] R. Dosoudil, "Determination of Permeability from Impedance Measurement Using Vector Network Analyzer", Journal of Electrical Engineering, Vol.63, No.7s, pp. 97–101, 2012.
- [11] Ch. Singh, S. Narang, I. Hydra, K. Rajub and K. Sudheendran, "Microwave and Electrical Properties of *Co*–*Zr* Substituted *Ba*–*Sr* Ferrite", Journal of Ceramic Processing Research., Vol.11, No.6, pp. 692–697, 2010.
- [12] N. Bowler and E. Abram, "Monitoring the Effect of Relative Humidity During Curing on Dielectric Properties of Composites at Microwave Frequencies", Review of Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol.25, pp. 469–476, 2006.
- [13] A. Paula, M. Rezende, J. Barroso, "Experimental Measurements and Numerical Simulation of Permittivity and Permeability of Teflon in *X* – band", J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.3, No.1, pp.59–64, 2011.

- [14] K. Chalapat, K. Sarvala, J. Li and G. Paraoanu, "Wideband Reference–Plane Invariant Method for Measuring Electromagnetic Parameters of Materials", Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions, Vol.57, pp. 2257–2226, 2009.
- [15] M. Wakes, Z. Akbar, M. Saeed, M. Khan "A Rectangular Split Ring Double Negative Metamaterial having Advanced Computational Techniques in Electromagnetics Vol. 2014, Article ID act–00178, 8 Pages, 2014.
- [16] P. Singh, V. Babbar, A. Razdan, T. Goel, S. Srivastava, "Magnetic Dielectric and Microwave Absorption Studies of BA–Cote Hexaferrite–Epoxy Composites", Indian Journal of Pure and Applied Physics, Vol.42, pp. 221–228, 2004.
- [17] A. AL–Yassire, "Prepared ferrite of type $MnxM_{1-x}Fe_2O_2$ for microwave applications.", Ph. D. Thesis, Applied Sciences Department, University of Technology, 2000.

Preparation of Hexagonal Ferrite X–type Samples and Study of the Magnetic and Electric Properties

Hashim A. Ammar Hassan A. Yasser AwsA. Jassim

- (1) Wasit University, College of Science, Department of Physics
- (2) Thi–Qar University, College of Science, Department of Physics

Abstract

A prepared compound of $Ba_3Cd_{2-x}Ca_{1-x}Fe_{28}O_{46}$ ($X=0,0.5,1,1.5,2$) is synthesized in form polycrystalline form using conventional ceramic technique for mixture of oxides. X–ray diffraction analysis have been carried out that studied samples showing hexagonal ferrite type Z . Reflectivity and absorbance and attenuation coefficient were measured as function of frequency for five prepared samples with the range (8–12)GHz, their sintering ;1100°C. The resonance peaks of ferrite appeared at the frequencies (8, 9, 11.5, 12) GHz.

