

دراسة الخواص التركيبية لمركبات الباريوم فرايت ومركبات الباريوم فرايت المشوبة بـ (Co) و (Ti) المحضرة بطريقة تفاعلات الحالة الصلبة و ترسيب أغشيتها بنبضة الليزر .

سليم عزارة حسين

كلية علوم الحاسوب والرياضيات

وحدة الرياضيات الحيوية

Saleem_az68@yahoo.com

الخلاصة

في هذا البحث تم تحضير مركبات الفرايت السداسي المتعدد التبلور بطريقة تفاعلات الحالة الصلبة باستخدام أكاسيد الباريوم والحديد وتم اختيار درجة حرارة التفاعل الملائمة وظروف التبريد وفقاً إلى مخطط الطور للباريوم فرايت ، كما تم تحضير أغشية الباريوم فرايت بطريقة الترسيب بنبضة الليزر (pulsed laser deposition) و دراسة تأثير عدد من العوامل مثل درجة حرارة التلدين ودرجة حرارة أرضية التحضير على الخواص التركيبية لهذه الأغشية المحضرة.

كلمات مفتاحيه : باريوم فرايت ، تفاعلات الحالة الصلبة ، الترسيب بنبضة الليزر .

المقدمة

يتميز التركيب البلوري للفرايت ذو المحتوى العالي للحديد (high iron content) بأنه يحتوي على ايونات من الباريوم أو السنترونيوم أو الرصاص كونه سداسي الشبيكة البلورية وذو صيغة كيميائية يعبر عنها بـ ($MO.6Fe_2O_3$) حيث إن M هو احد الفلزات الأتية Pb, Sr, Ba ، والباريوم فرايت ($BaO.6Fe_2O_3$) يمتاز بكون ايونات الباريوم الكبيرة تكون أداة ربط بين نصفي الشبيكة ، أما ثابتي الشبيكة (lattice constant) فأنتهما يعرفان بأبعاد الخلية الابتدائية وهما بقيمة ($a=0.5893$ nm) و ($c=2.3194$ nm) أما النسبة فهي ($axis\ ratio=c/a=3.94$) فهي نسبة كبيرة واليها يعزي سبب كون بلورات هذه المادة ذات درجة عالية من اللاتناظرية المغناطيسية (magnetic anisotropy) وذو وزن جزيئي مقداره (1112) وكثافة مقدارها (5.28 gm/cc.) [2,1] . والفرايت السداسي ذو الصيغة الكيميائية أعلاه يستخدم بشكل واسع في وسائط الخزن المغناطيسي ، وأجهزة المايكرويف وفي مجالات الحجب الكهرومغناطيسي (Electromagnetic shielding field) ، ويمتاز الفرايت بكونه ذو استقرارية كيميائية عالية ومقاوميه عالية للتآكل (high corrosion resistivity) [3] .

اكتشفت الخواص المغناطيسية المميزة والمهمة للباريوم فرايت ذو التركيب السداسي ($BaFe_{12}O_{19}$) في عام 1951 وكان العديد من المركبات ذات العلاقة بهذا المركب قد اكتشفت وتم تصنيعها، وخواص هذه المركبات الجديدة تم فحصها ودراستها بعناية من قبل مجموعة كبيرة من الباحثين . وهذه المجموعة من المركبات تمتاز بكونها في درجة حرارة الغرفة ذات عزوم مغناطيسية (magnetic moments) يمكن أن تترتب بشكل مجاميع بطريقة ما بحيث أن العزوم المغناطيسية للايونات في مجموعة واحدة تكون متوازية الاتجاه (mutually parallel oriented) ، بينما العزوم المغناطيسية للايونات في المجاميع الأخرى تكون معاكسة لاتجاه التوازي (oriented antiparallel) [2] . ومن الملاحظ إن الميزة الفنية المهمة للاوكسيدات ذات التركيب البلوري السداسي هي انها أظهرت درجة عالية من اللاتناظرية المغناطيسية اللامحورية (magnetic anisotropy uniaxial) ولذلك أمكن استخدامها كمادة سيراميكية ذات مغناطيسية دائمية [1] .

تم تحديد درجة الانصهار لمركبات الفرايت في عام 1936 من قبل كل من (Brugsen & Arkel) بقيمة مقدارها (1390 °C) في الهواء بدقة قياس (± 10 °C) [3,2] ، مع الإشارة إلى انه ليس من السهل الحصول على تصور تام وواضح عن درجة الانصهار لمثل هذه المركبات التي توصف بالمركبات الأوكسيدية (oxide compounds) لأن الظروف المحيطة تكون ذات تأثير واضح على تركيب هذه المركبات ، وهذا بالتأكيد سيؤدي إلى خطأ في دقة القياسات

المطلوبة ولكن المعرفة التقريبية لدرجة الانصهار لمركبات الفرايت مهمة جدا لتحديد درجة التلييد (sintering) والتي عادة تتم في درجات حرارية أوطأ من درجة الانصهار ، ونظرا لأهمية درجة التلييد في تحضير هذه المركبات ولتأثيرها الكبير على خواص المركبات المحضرة فلا بد من الإشارة إلى أن الفرايت ومركباته قد صنفت كهربائيا على أنها مواد شبه موصلة وهذا يعني إن مقاومتها الكهربائية تقل بزيادة درجة الحرارة .

وفي بحثنا هذا حضرت مركبات الباريوم فرايت السداسية والمثوية بـ (Co) و (Ti) وبنسبة تشويب ($\delta=0.5$) بطريقة تفاعلات الحالة الصلبة ومن ثم حضرت أغشية من هذه المركبات بطريقة الترسيب بنبضة الليزر (PLD) ثم دراسة تأثير بعض العوامل على الخواص التركيبية لهذه الأغشية.

الجزء النظري.

التوصيلية الكهربائية للفرايت ومركباته واعتمادها على درجة الحرارة يمكن أن توصف بالعلاقة الآتية [2] :

$$\sigma = \sigma_o \exp \left(-\frac{E_a}{k_B T} \right) \dots \dots \dots (1)$$

حيث تمثل (σ) التوصيلية الكهربائية للمادة (E_a) طاقة التنشيط (k_B) ثابت بولتزمان و (T) درجة الحرارة المطلقة.

يمكن الحصول على الفرايت من عملية التلييد وفي بحثنا هذا تم الحصول على الطور السداسي لمركبات الباريوم فرايت من خلال عملية تحضير هذا المركب وتلييده بدرجة حرارية مناسبة . وهذا الطور مهم في استخدام الباريوم فرايت كمغناطيس دائمي (permanent magnet) وعليه فإن الخسارة المغناطيسية (magnetic loss) (μ_r'') لهذه المركبات تزداد عند التردد الرنيني الطبيعي (f_r - natural resonance frequency) ، والذي يرتبط مع شدة المجال المغناطيسي اللاتناظري (H_A) بالعلاقة الآتية [4] :

$$2\pi f_r = \gamma \mu_o H_A \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن γ تمثل النسبة الجايرومغناطيسية (gyro magnetic ratio) وهذه النسبة تمثل العزم الديناميكي (dynamic moment) إلى العزم المغناطيسي (magnetic moment) ، و ($\gamma \mu_o = 1.105 \times 10^5 g_{eff} \cdot \left(\frac{m}{As} \right)$) ، حيث ان (g_{eff}) تمثل عامل الجايرومغناطيس المؤثر (effective gyro magnetic factor) وهو يساوي (2) بالنسبة الى الإلكترون الحر (free electron) و (μ_o) تمثل نفاذية الفراغ وتساوي ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m) .

والباريوم فرايت يمتاز أيضا بكونه من المواد المناسبة جدا للتطبيقات المايكروية وخصوصا عند الترددات العالية وذلك لأن شدة المجال المغناطيسي اللاتناظري (H_A) يكون عاليا بقيمة ($H_A = 1360$ KA/m) عند القياس باتجاه المحور السداسي (Hexagonal axis) ووفقا إلى المعادلة الآتية [2] .

$$W_p = \gamma \cdot H_{eff} \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان (W_p) يمثل التردد المبادر (precession frequency) و (H_{eff}) يمثل قوة المجال المؤثر (effective field strength) . وعليه فإنه وفق المعادلة (3) فإن شدة المجال لمادة معزولة بدون مجال مغناطيسي خارجي يكون مرافقا لتردد رنينيا عند تردد مقداره (48 GHz) ، ومدى التردد هذا يمكن أن يوسع من خلال الاستعاضة الجزئية لأيونات الحديد بأيونات الألمنيوم، حيث يتم هذا من خلال تقليل مغناطيسية الإشباع (saturation magnetization) وبالمقابل فإنه يمكن أن ترفع قيمة (f_r) لتصل إلى قيمة (90 GHz) أو تقليل (f_r) لتصل إلى ترددات قليلة (10 GHz) من خلال بعض الإضافات مثل التيتانيوم أو الزنك أو الكوبالت التي ستعمل على تقليل اللاتناظرية البلورية [5, 2] .

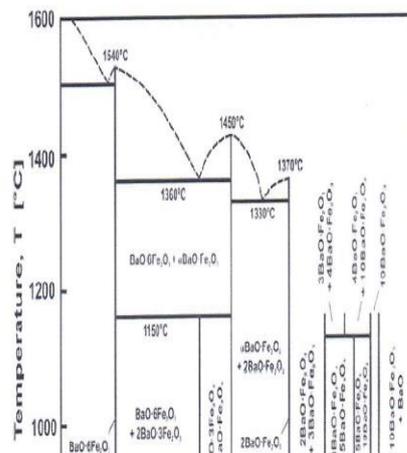
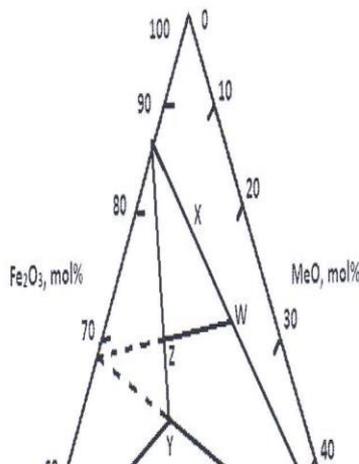
الجزء العملي.

تعتبر تقنية تفاعلات الحالة الصلبة (solid state reaction) من أكثر الطرق شيوعاً في الحصول على الفرايت السداسي كمسحوق أو كمتعدد تبلور ملبد (sintered polycrystalline) حيث يتم خلالها تسخين مزيج الأكاسيد أو المركبات التي من السهل إن تتحول إلى أكاسيد عند تسخينها مثل كربونات الباريوم و أكسيد الحديد ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) التي عادة ما يتم استخدامها كموا الأولية إضافة إلى الأكسيدات (Oxides) والأملاح (كبريتات أو كلوريدات أو النترات) أو الهيدروكسيدات يمكن إن تستخدم أيضاً لنفس الغرض أعلاه [1]. المادة الأولية التي استخدمت في تحضير مركبات الباريوم في بحثنا هذا هي من أكاسيد الباريوم والحديد. وحرارة التفاعل وظروف التبريد تم اختيارها وفقاً إلى مخطط الطور المبين في الشكل رقم (1).

أن الطور المطلوب لمركبات الفرايت من نوع (M)، يمكن الحصول عليها من خلال التسخين في الهواء بين (800°C) إلى (1200°C) يتكون بمجرد إخراجها من فرن التلبيد [2]. أن التفاعل بين أكسيد الحديد وكربونات الباريوم مثلاً يتم ويتكون المركب ($\text{BaO}\cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$) عند درجة حرارة اعلي من (550°C) وكذلك مركبات ($\text{BaO}\cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) التي تتكون عند درجة حرارة اعلي من (750°C)، كما تم ملاحظة إمكانية استبدال ايونات الباريوم (Ba^{+2}) في مركبات ($\text{BaO}\cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) جزئياً أو كلياً بـ ايونات (Pb^{+2}) أو (Sr^{+2}) أو لمجموعة من ($\text{Ag}^{+1} + \text{La}^{+3}$) أو ($\text{Na}^{+1} + \text{La}^{+3}$) بدون تغيير في التركيب البلوري للمركب وكذلك فأن ايونات الحديد (Fe^{+3}) و الـ (O^{-2}) في نفس المركب أيضاً يمكن استبدالها وفي كل حالة فأن الاستعاضة عن هذه الأيونات يجب أن يتم اختيارها بحيث أنها تحافظ على التوازن الكهربائي للمركب وكذلك تشترط ان تكون أنصاف أقطار الأيونات المستعوضة بنفس تلك للأيونات الأصلية [2,1].

تحضير النماذج الحجمية.

تم تحضير مادة الباريوم فرايت ($\text{BaO}\cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_{12}$) وكذلك مادة باريوم فرايت المشوبة بالكوبلت (Co) و (Ti) لتكوين مركب ($\text{BaCo}_8\text{Ti}_6\text{Fe}_{12-26}\text{O}_{19}$) وبنسبة ($\delta=0.5$) بطريقة تفاعلات الحالة الصلبة لما تمتاز به هذه الطريقة عن طرق التحضير الأخرى بأنها أقل كلفة وتعتمد على الأكاسيد كموا الأولية وهي متوفرة إضافة الى انها تعطي مسحوقاً ذو حجم حبيبي صغير وذات تجانس عالي [2,1]، ويمكن تلخيص عملية التحضير كالآتي: تخطط نسب محددة من أكاسيد الحديد والباريوم وبنقاوة عالية (99%) لتحضير مادة الباريوم فرايت، و تضاف إليها نسبة من أكاسيد الكوبالت والتيتانيوم لتحضير مادة الباريوم فرايت المشوبة وبما يحقق الصيغة الكيماوية المشار إليها، (المواد اعلاه مجهزة من قبل شركة (Balzers))، ثم تطحن المواد طحناً جيداً ولمدة (60 min.) وبدرجة حرارة الغرفة وبما يحقق حجم حبيبي يعادل ($50\ \mu\text{m}$)، ثم تحرق المواد المخلوطة بدرجة حرارة ($800\text{-}1100^\circ\text{C}$) ولمدة (3 hr) وبمعدل صعود (20 $^\circ\text{C}/\text{min}$). وهذا يمثل التلبيد الأولي. بعد ذلك تطحن المواد مرة ثانية وبشكل جيد ولمدة (30 min.) دقيقة وبما يحقق حجم حبيبي يعادل ($30\ \mu\text{m}$)، ثم تكبس المواد الناتجة على شكل أقراص بقطر (30 mm) مع إضافة (vinyle-alcohol) كمادة رابطة وبما يتلائم مع الفحوصات والاستخدامات اللاحقة، ثم يعاد حرق المواد المكبوسة من جديد وبدرجة حرارة ($800\text{-}1100^\circ\text{C}$) ولمدة (3 hr) وبمعدل صعود ($20^\circ\text{C}/\text{min}$). وهذا يمثل التلبيد النهائي، ثم تترك المواد لتبرد بشكل حر داخل الفرن ليتم إخراجها ومن ثم إجراء الفحوصات.



(b)

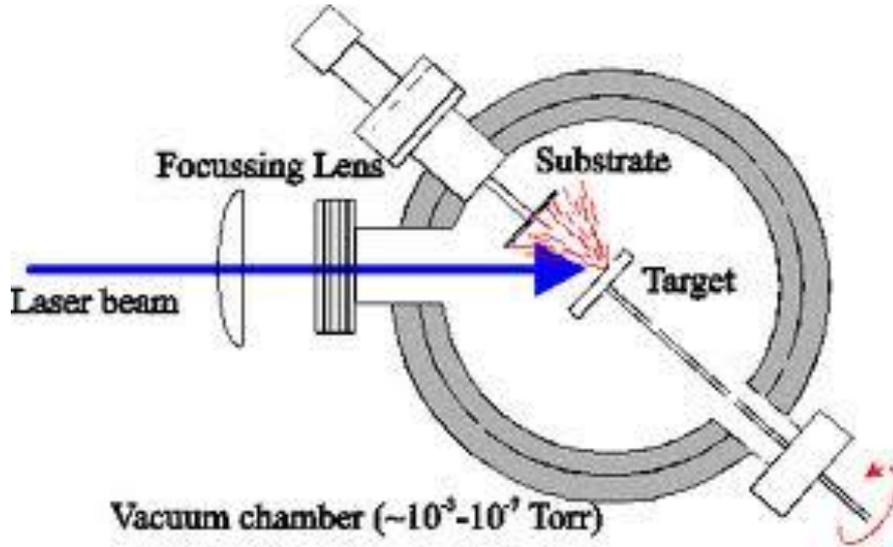
(a)

الشكل رقم (1) : (a) مخطط الطور لنظام (BaO-Fe₂O₃)

(b) مخطط الطور لتركيب الفرايت السداسي. [6,3,1]

تحضير اغشية الباريوم فرايت.

أغشية الباريوم فرايت النقية (BaO.6Fe₂O₁₂) و أغشية الباريوم فرايت المشوبة (BaCo_δTi_δ.Fe_{12-2δ}O₁₉) تم تحضيرها وترسيبها باستخدام تقنية الترسيب بنبضة الليزر (pulsed laser deposition) وذلك باستخدام ليزر (Nd-Yag laser) وبطول موجي (1.064 μm) وبطاقة (0.5 J) وباستخدام (1000 pulses) وبضغط يساوي (8×10⁻² mbar) ، وعلى أرضيات من الزجاج (glass) التي تم تنظيفها بشكل جيد وفقا إلى الأساليب القياسية المعتمدة في تنظيف والأرضيات الزجاجية بسمك مقداره (150-250 nm). حيث تم وضع الهدف والتي تمثل أفراس من مادة الباريوم فرايت و الباريوم المشوبة بـ (Co) و (Ti) وبقطر (3 cm) على قواعد من مادة النفلون بحيث انه يصنع زاوية مقدارها 45° بالنسبة إلى ضوء الليزر المستخدم والمسافة بين الهدف والأرضية هي 2 cm () ، والشكل رقم (2) يبين مخططا لتقنية التحضير المستخدمة .



الشكل رقم (2)

مخطط لمنظومة (PLD) المستخدمة في تحضير الأغشية

النتائج والمناقشة.

(1) الجدول رقم (1) يبين نتائج الفحوصات المغناطيسية والتي تبين قيم القوة القسرية (coercive force) وفيض التخلفية المغناطيسية (remanence magnetic flux) ومغناطيسية الإشباع (magnetic saturation) للمركبات المحضرة ($BaO.6Fe_2O_3$) و ($BaCo_{0.5}Ti_{0.5}Fe_{11}O_{19}$) وعلى التوالي، وقد أظهرت النتائج إن القيم المقاسة أظهرت تطابقاً إلى حد ما مع القيم التجريبية المقاسة والمشار إليها في مقدمة البحث في المصادر [5,4,2] ، حيث تبين إن إضافة المواد (Co) و (Ti) يمكن من خلالها التحكم بقيم الثوابت أو المعاملات المغناطيسية التي بدورها تحدد الاستخدام أو التطبيق الملائم لهذه المواد ، ومن خلال القيم المشار إليها في الجدول رقم (1) وبمعرفة قيم (ϵ_r) يمكن حساب وتحديد قيم التردد الرنيني (f_r) من خلال العلاقة ($f_r = \frac{C}{L\sqrt{\mu_r\epsilon_r}}$) ، حيث إن (C) يمثل سرعة الضوء و (L) يمثل سمك المادة [2] .

الجدول رقم (1)

| Material | H _C (KA/m) | B _r (Tesla) | 4πM _s (G) | μ _r |
|--|-----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|
| BaO.6Fe ₂ O ₃ | 1039.4 | 0.1145 | 1989.5 | 1.101 |
| BaCo _{0.5} Ti _{0.5} Fe ₁₁ O ₁₉ | 289.4 | 0.0694 | 3327.4 | 2.397 |

(2) أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية للنماذج الحجمية المحضرة لمادة الباريوم فرايت ($BaO.6Fe_2O_3$) وكما هو مبين في الشكل رقم (3-a) إلى نمو الطور المطلوب وكما تشير إلى ذلك القمم عند زوايا الحيود (... , 20=30.25 , 35.59 , 43.21, 53.50,57.01). وبما يتفق مع المواصفة القياسية العالمية ASTM-276 [7]. والجدول رقم (2) يبين مقادير الفسحة البلورية (d) للنموذج المحضر مقارنة مع ما هو منشور في المواصفة القياسية العالمية اعلاه ، كما أن نتائج فحص الحيود وبالمقارنة مع البحوث المنشورة وباعتماد ظروف تحضير مشابهه أظهرت توافقا واضحا مع تلك النتائج المنشورة [8,3].

الجدول رقم (2)

| ASTM [7] | | Present work |
|----------|-----|--------------|
| d (nm) | hkl | d (nm) |
| 0.294 | 110 | 0.29516 |
| 0.262 | 114 | 0.25205 |
| 0.242 | 203 | 0.24148 |
| 0.223 | 205 | 0.20917 |
| 0.213 | 206 | 0.17111 |
| 0.194 | 209 | 0.16138 |

(3) أظهرت نتائج فحص حيود الأشعة السينية المبين في الشكل رقم (3-b) لمادة باريوم فرايت المشوبية بـ (Ti,Co) وبنسبة تشويب ($\delta=0.5$) وبما يحقق المركب ($BaCo_{0.5}Ti_{0.5}Fe_{11}O_{19}$) تغيرا واضحا في حدة وعدد القمم المستحصلة وبما يعني حصول تفاعل كيميائي بين المواد المضافة إلى المواد الأصلية ولكون نسبة الإضافة قليلة مقارنة بالمادة المضيفة فإن طور الباريوم - فرايت يبقى محافظا على وضعه مع وجود إزاحات قليلة جدا وهذا يتفق مع البحوث المنشورة حول مركبات الفرايت وتأثير الإضافات على تركيبها البلوري [9,5,4] ، ولا بد من الإشارة إن الشكل (3-b) يشير إلى وجود بعض القمم التي قد تعزى إلى (Fe_2O_3) أو إلى الشوائب التي قد تظهر أثناء خطوات تحضير المركب.

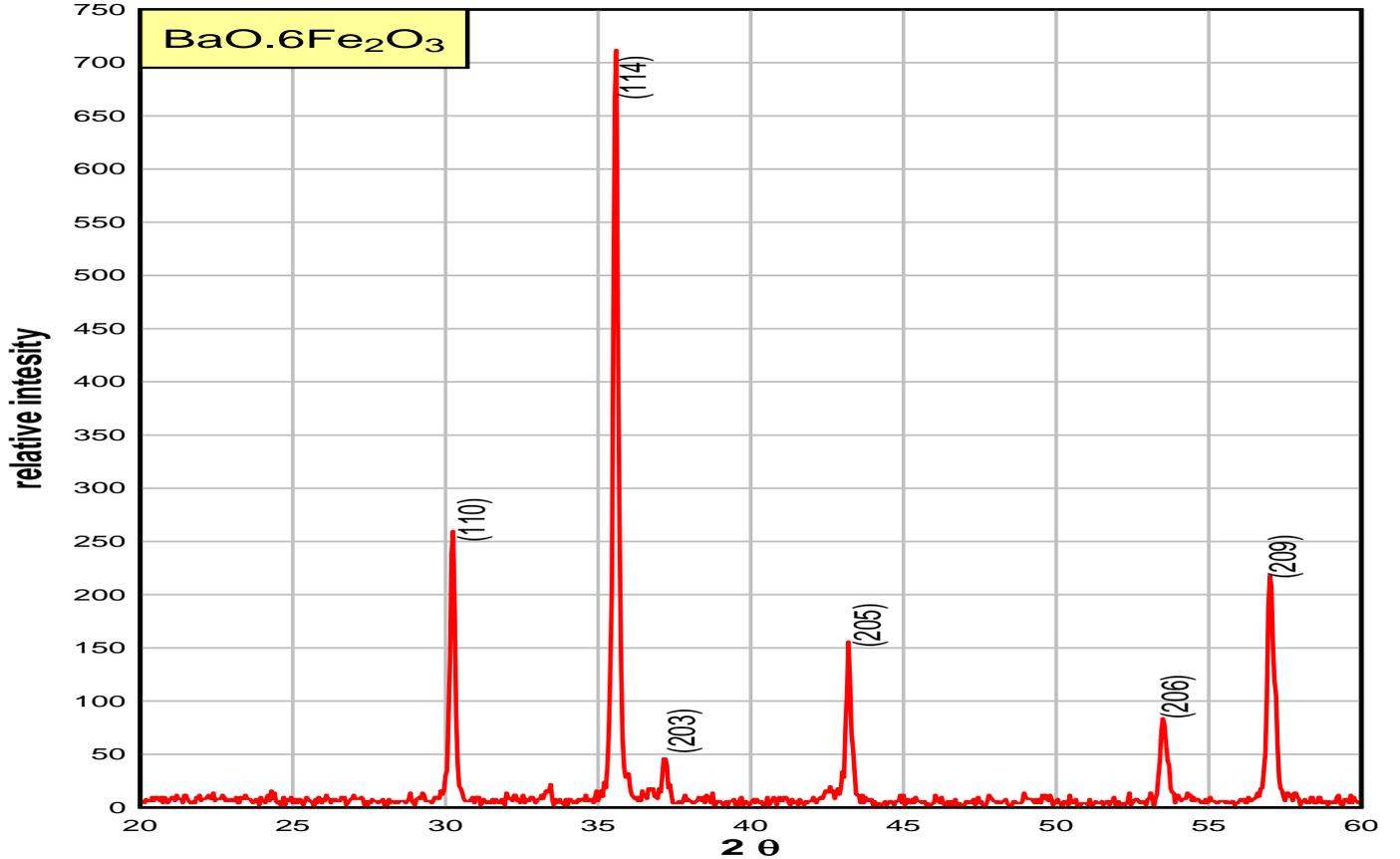
(4) أظهرت نتائج فحص الحيود السيني المبين في الشكل رقم (4-a,b) لأغشية مادة باريوم فرايت ($BaO.6Fe_2O_3$) وأغشية الباريوم فرايت المشوبية ($BaCo_{0.5}Ti_{0.5}Fe_{11}O_{19}$) وبنسبة تشويب ($\delta=0.5$) والمحضرة بطريقة (PLD) وبالترتيب النتائج الآتية:

أ- لأغشية المركبين أعلاه وبسلك مقداره (150 nm) ودرجة حرارة أرضية عند درجة حرارة الغرفة (R.T.) ودرجة حرارة تليدين مقدارها ($250^{\circ}C$) فإن نتائج فحص الحيود السيني أظهرت عدم نمو الطور المطلوب ويبين الشكل رقم (4 -a,b) عشوائية التركيب البلوري والتي يمكن إن تعزى بالأساس إلى السمك القليل أولا ومن ثم إلى ظروف التحضير والتليدين التي لاتتلائم مع متطلبات الحصول على الطور المطلوب لأغشية هذه المركبات السيراميكية ، وهذه النتيجة تتفق مع نتائج البحوث المنشورة [11,10,9,5] .

ب - أغشية المركبين أعلاه وبسلك مقداره (250 nm) ودرجة حرارة أرضية مقدارها ($250^{\circ}C$) فإن نتائج فحص الحيود السيني أظهرت عدم نمو الطور المطلوب وكما مبين ذلك في الشكل رقم (5-a,b) للمركبين أعلاه وبالترتيب ، وهذه النتيجة يمكن إن تعزى إلى إن الأغشية المحضرة لم تحصل على ظروف التحضير الملائمة لبناء التركيب البلوري الخاص بها ، بسبب خصوصية طريقة (PLD) في تحضير الأغشية.

ج- بإجراء المعاملة الحرارية (annealing) للأغشية المحضرة في (ب) وبدرجة حرارية مقدارها ($500^{\circ}C$) ولمدة ثلاث ساعات ، الشكل رقم (6-a,b) يبين نتائج فحص الحيود السيني لأغشية هذين المركبين وبالترتيب ، ويتبين من الشكل إلى نمو الطور البلوري لأغشية هذه المركبات وبالمقارنة مع الشكل رقم (3-a,b) الخاص بالمواد الحجمية نلاحظ ان مواقع القمم الناتجة متفقة إلى حد ما مع القمم الموجودة في الشكل رقم (3) وللمركبين ، وكذلك متفقة مع القيم المبينة في الجدول رقم (2) الخاص بالفسحة البلورية. إن هذه النتيجة أظهرت وبشكل قاطع

أن هذه المواد يجب ان تتمتع بظروف تحضير ملائمة للوصول إلى الطور المطلوب ، وهذا يمكن ان يفسر بان الأغشية المحضرة في (ب) قد حصلت على جزءا" من متطلبات الحصول على الطور المطلوب من خلال درجة حرارة الأرضية ($T_s=250\text{ C}^\circ$) ، ومن ثم تم الحصول على الجزء الآخر من المتطلبات من خلال المعاملة

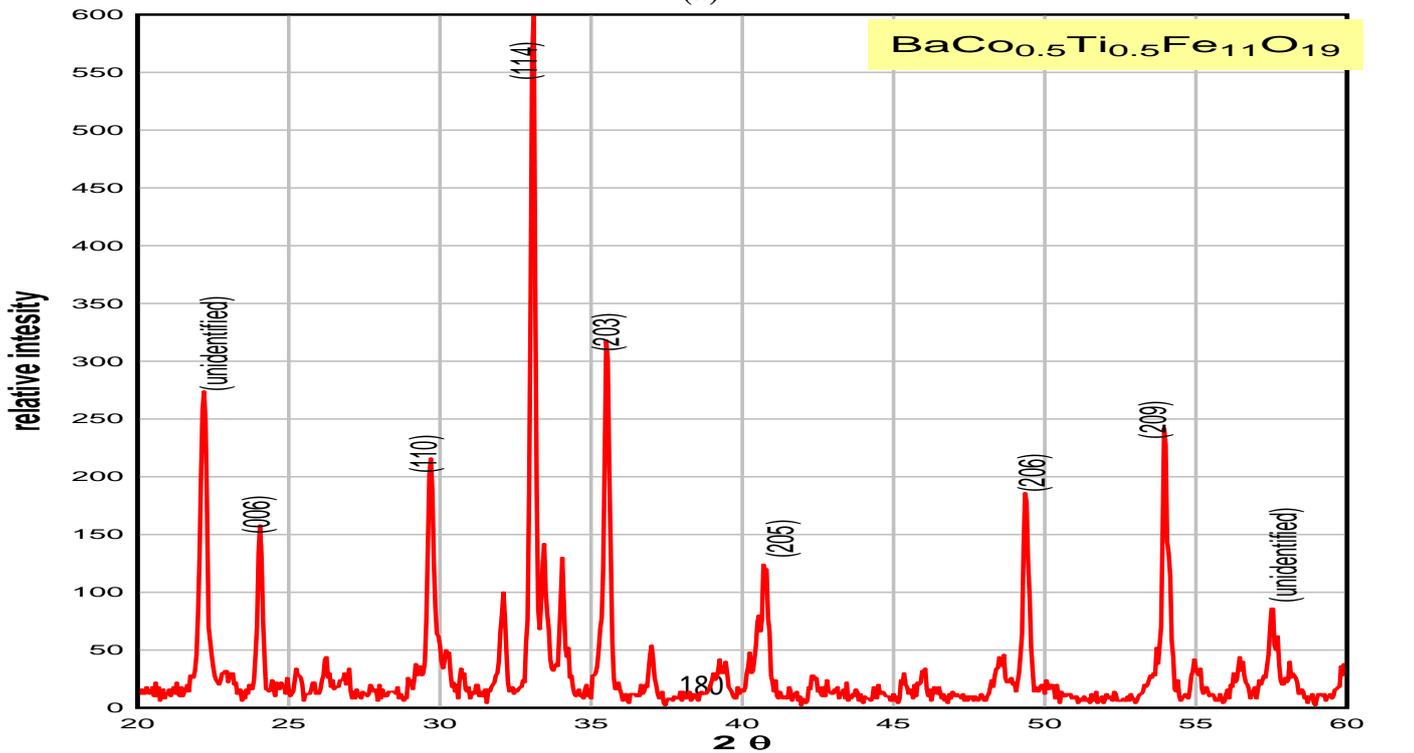


الحرارية ، وبالتالي فان الحبيبات البلورية قد تمتعت بالحيز والوقت

الكافي لأن ترتب نفسها ومن ثم الحصول على الطور المطلوب وهذا يتفق مع ما منشور في [13,12,11].

baf1.grf

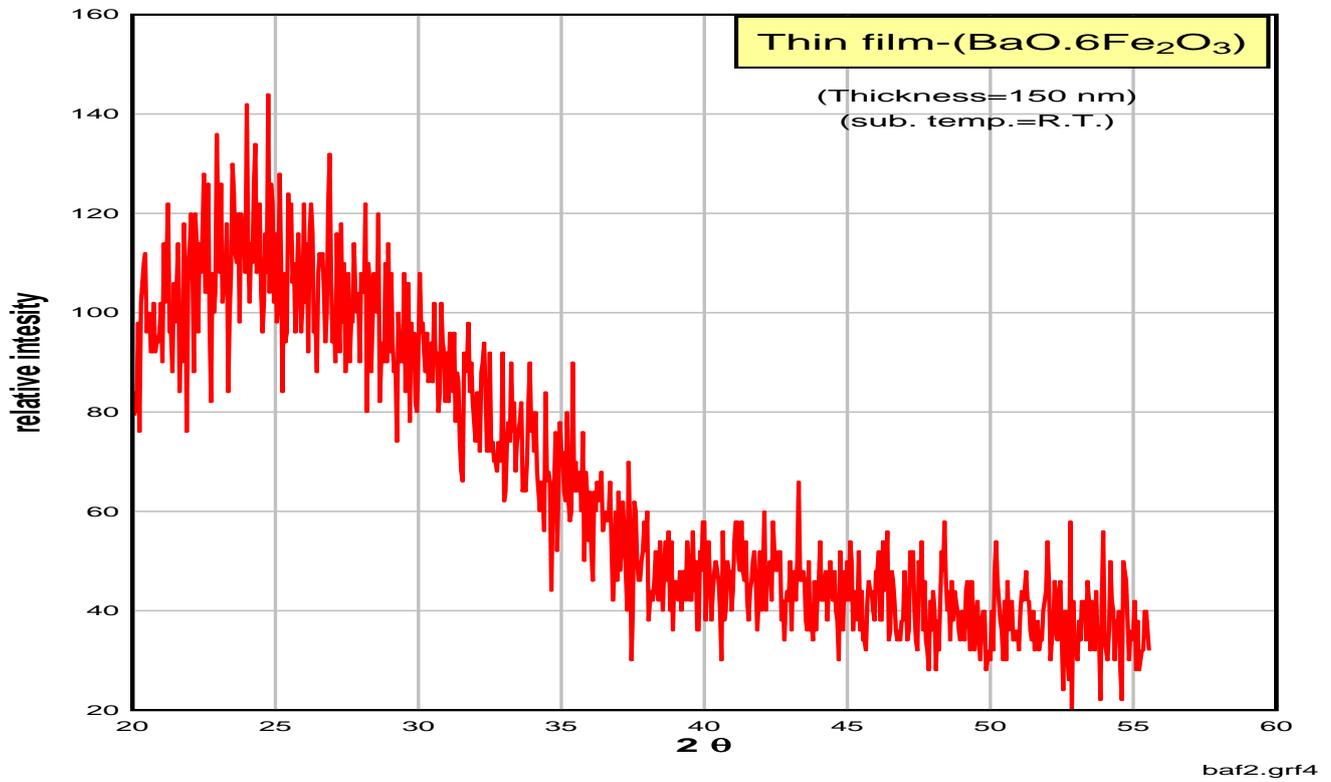
(a)



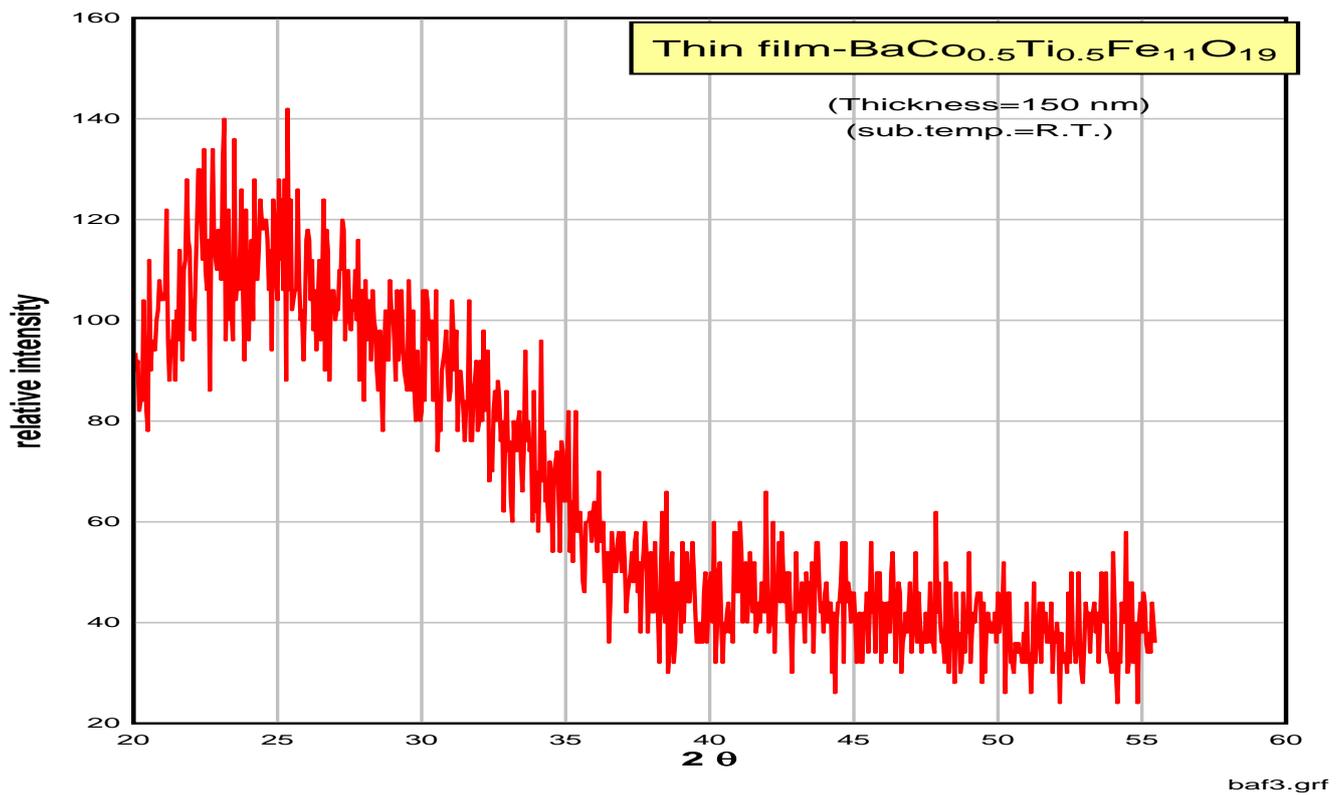
baf.grf

(b)

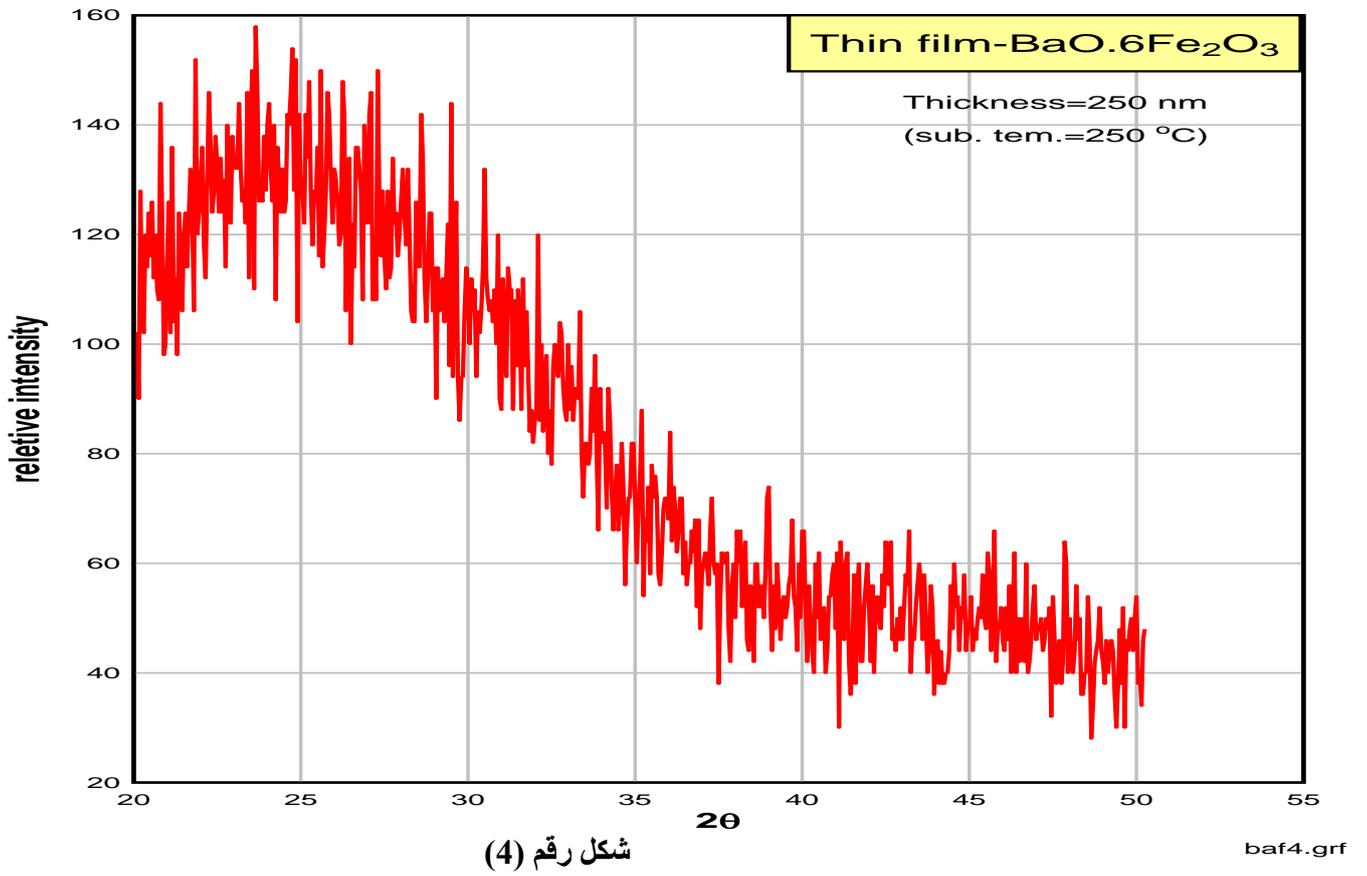
شكل رقم (3)



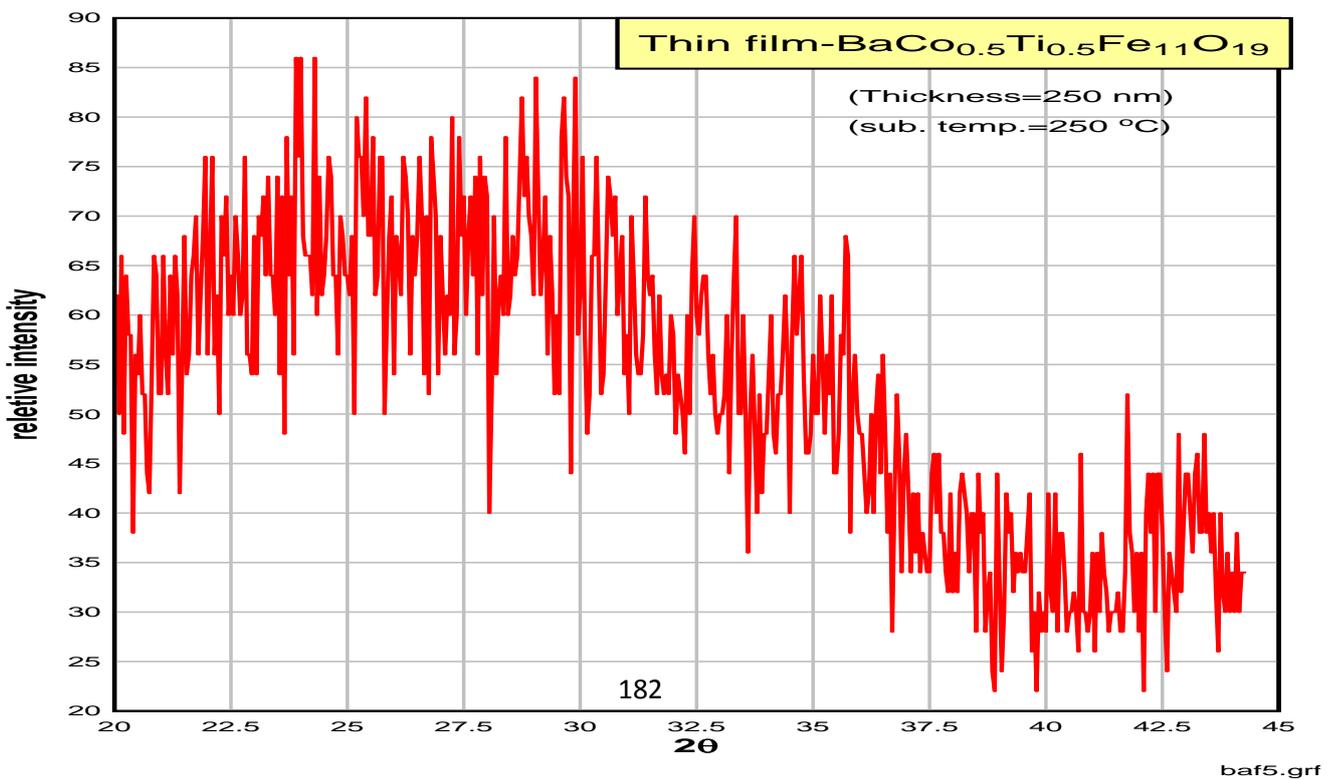
(a)



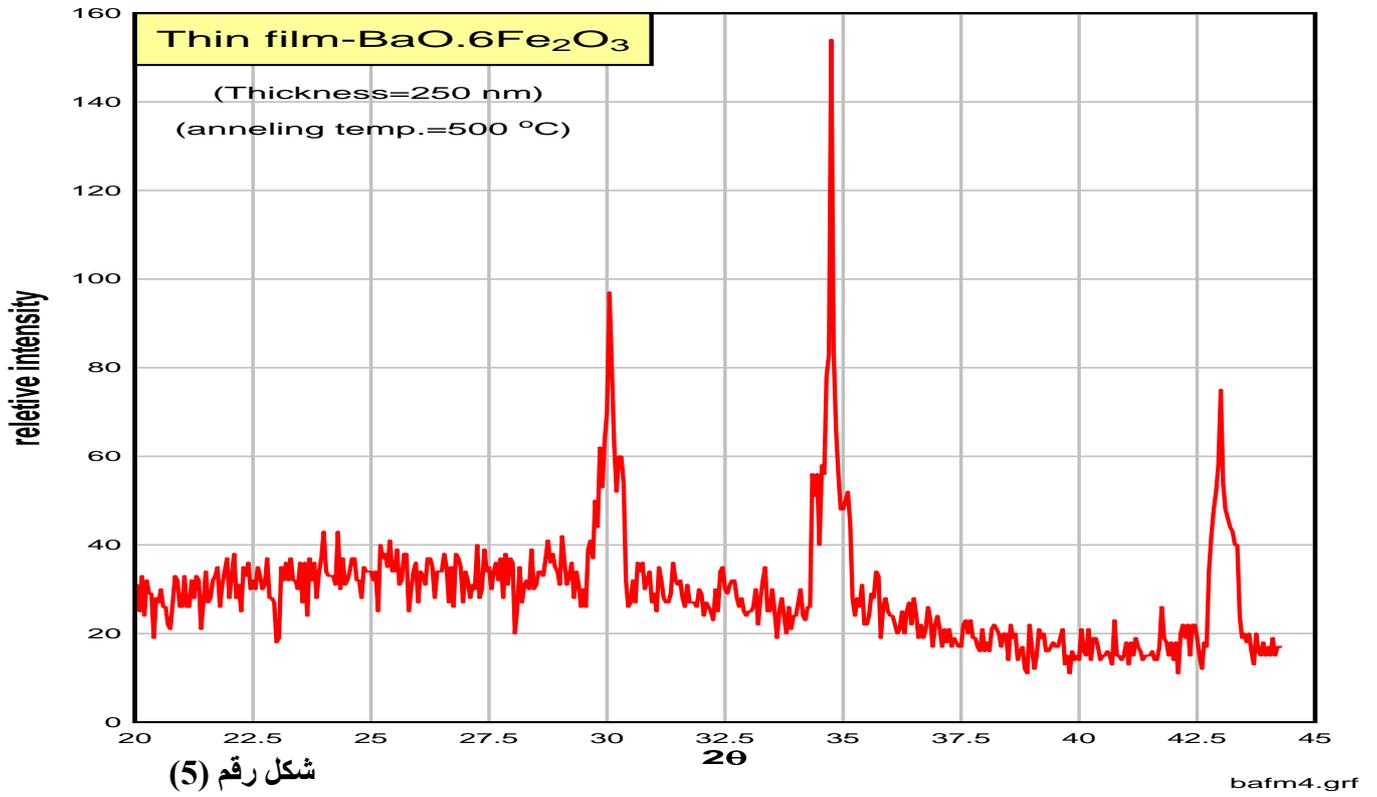
(b)



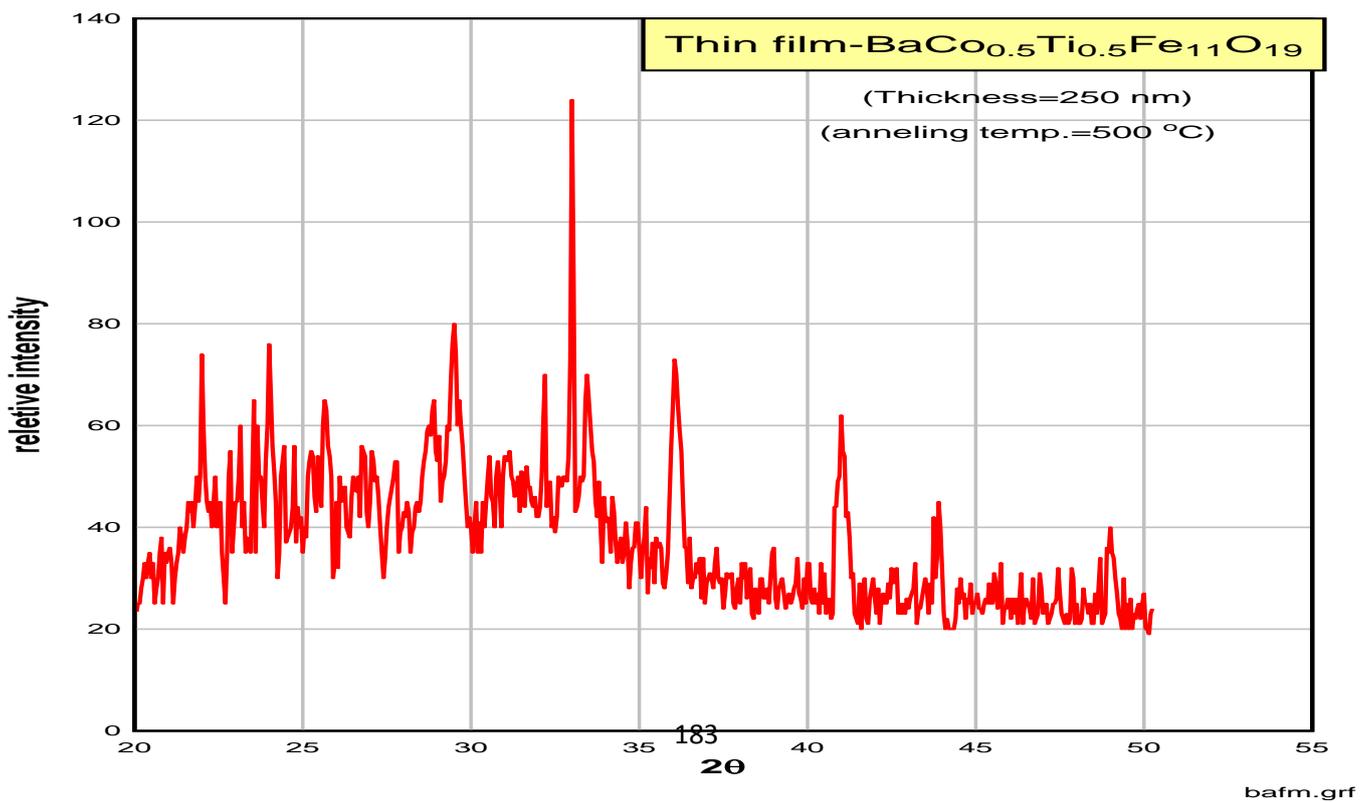
(a)



(b)



(a)



(b)

الشكل رقم (6)

الاستنتاجات.

يمكن أن نستنتج من أنماط الحيود للأشعة السينية الناتجة لأغشية البار يوم فرايت أنها لا يمكن أن تتبلور بالظروف المشار إليها في الشكل رقم (3) والشكل رقم (4) عند درجة حرارة لأرضية الترسيب تساوي درجة حرارة الغرفة أو درجة حرارة تساوي (250 °C) خاصة مع استخدام (طريقة PLD) ، وعليه سيفقد الغشاء الناتج الخواص التي يتمتع بها وخاصة الخواص المغناطيسية التي تمكن من استخدامه كوسائط لآزن البيانات و كمادة ذات امتصاصية عالية للموجات المايكروية ، وعلية فأن المعاملة الحرارية لهذه الأغشية تعد ضرورية للحصول على المواصفات المطلوبة.

شكر وتقدير.

لا بد من توجيه شكرنا الى الباحثين في مختبر الأغشية الرقيقة ومختبر البلازما وخاصة أ.م.د. كاظم عبد الواحد عامر في كلية العلوم جامعة بغداد و الباحثين في مختبرات دائرة المواد في وزارة العلوم والتكنولوجيا وخاصة السيد ناصر عطية ، وكذلك الباحثين في مختبرات مديرية الكهرومغناطيسية في شركة التحدي (وزارة الصناعة) على مساعدتهم في انجاز هذا البحث .

المصادر.

- 1-P. Chauhan , (2010), " preparation and characterization of Barium Hexaferrite by Barium Monoferrite", M.Sc. thesis, School of Physics & Material Science, Thapar university.
- 2- I.C.Heck, (1974), " Magnetic Materials and their applications", Ch.-3, Butterworth Company.
- 3-R.Nowosielski , R.Babilas , G.Dercz , L.Pajak and J.Wrona , (2007), "Structure and properties of barium ferrite powders prepared by milling and annealing", Archives of Materials Science and Engineering, V.28,Issue 12 , pp.735-742.
- 4-S.Sugimoto, Y.Maeda, K.Okayama, T.Maeda, H.Ota, M.Kimura, D.Book, H.Nakamura, T.Kagotani and M.Homma, (1999), " Compositional Dependence of the Electromagnetic Wave Absorption Properties of $BaFe_{12-x-y}Ti_xMn_yO_{19}$ in the GHz Frequency Range", Materials Transactions, JIM, V.40, No.9, pp. 887-890.
- 5-K.Higuchi, S.Naka, and S.Hirano, (1988), " Synthesis and properties of $Co^{2+}-Ti^{4+}$ -Substituted Barium Hexaferrite by Hydrolysis of Organometallic Compounds", Advanced Ceramic Materials , V.3,No.3, pp. 278-281
- 6-Y.Goto and T.Takada, (1960), "phase Diagram of the System $BaO-Fe_2O_3$ ", J. of the American Ceramic Society, V.43, No.3 , pp.150-153.
- 7- ASTM – Card- 276.
- 8- J.M.Yaseen, (2011) , " Preparation of barium ferrite $BaFe_{12}O_{19}$ and the study of the effect of fast neutrons on its magnetic and dielectrical properties.", College of Basic Education Researchers Journal , V. 11 , No. 1,pp. 633-640.

- 9-H.I.Hsiang and R.Q.Yao, (2007) , " Hexagonal ferrite powder synthesis using chemical co precipitation, Material Chemistry and Physics,104,pp. 1-4.
- 10- A.Morisako and M.Matsumoto, (1987), "Preparation and properties of Ba-Ferrite films by rf-Diode sputtering", Electronics and Communications in Japan , part 2, V. 70 , No. 6,pp. 55-64.
- 11-W.D.Song, Y.F.Lu, W.J.Wang , T.C.Chong, (2000) ," Influence of substrate temperature on barium ferrite films prepared by laser deposition", Mat. Res. Symp., V.617 ,pp.J3.10.1-6.
- 12- J.Dos , (2006), "Pulsed laser Deposited Barium Ferrite Films with Low Ferromagnetic Resonance line widths – Plume Position as a Global Property Control Parameter", IEEE Xplore, IEEE International Magnetic Conference, 8-12 May (Abstract).
- 13- B.T. Wong, X. Sui , D.E .Laughlin and M. H. Kryder, (1994) , "Microstructural Investigations of Barium Ferrite Longitudinal Thin –Film Media", J. Appl. Phys. , v. 75, No. 10 , pp.5966-5968.

Study of structural properties of barium ferrite compounds and barium ferrite compounds doped with (Co) and (Ti) by using solid state reaction and deposited thin films of these compounds by pulsed laser deposition (PLD).

Saleem Azara Hussain

University of Al-Qadisiya

College of computer science and Mathematics

Unit of Biomathematics

Saleem_az68@yahoo.com

Abstract.

In this research we prepared polycrystalline hexagonal ferrite compounds by solid state reaction methods by using iron and Barium Oxides . We deduce the suitable temperature of reaction and the cooling condition according to phase diagram of barium ferrite system, then we prepared thin film barium ferrite by pulsed laser deposition , also we studied the effect of some of factors like the annealing temperature and substrate temperature on the crystal structure of the prepared films.

Key words : barium ferrite , solid state reaction , pulsed laser deposition.