

دراسة الخصائص التركيبية والكهربائية للمركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+\delta}$

الفائق التوصيل الكهربائي

عبد الكريم دهش علي ، رافع عبد الكريم محمد ، سارة أحمد طه

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

الملخص

لقد تم دراسة وتحضير عينات المركب $Tl_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$ بطريقة تفاعل الحالة الصلبة وباستخدام طريقة التلدين وتحت ضغط هيدروستاتيكي 8 طن /سم² ودرجات حرارة تلدين 840°C .

ان دراسة حيود الاشعة السينية للمركب المحضر وعند درجات حرارة تلدين 840°C وضغط هيدروستاتيكي 8 طن /سم² اظهرت بانها ذات تركيب بلوري من النوع الرباعي القائم Tetragonal . كذلك فإن افضل نسبة للأوكسجين في المركب (δ) هي (10.42) وان هذه النسبة اعطت اعلى قيمة لدرجة الحرارة الحرجة T_c وذلك لان نسبة الأوكسجين في المركب لها دور اساسي في زيادة قيمة درجة الحرارة الحرجة.

وعند التعويض الجزئي لعنصر الزئبق Hg في عنصر الثاليوم Tl وعنصر الباريوم Ba في عنصر السترونيوم Sr في آن واحد ليكون المركب بالصيغة الاتية $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+\delta}$ وينسب مختلفة (x, y) تساوي (x=0.3, y=0.1, 0.2, 0.3, 0.4) بقى المركب محافظاً على صيغة الرباعي القائم Tetragonal عند فحص التركيب البلوري، حيث ازدادت درجة الحرارة الحرجة للمركب من 142°K الى 148°K وذلك عند نسبة التعويض (x=0.3, y=0.1) ولكن عند زيادة نسبة التعويض عند (x) وزيادة (y) حدث تغيير في التركيب البلوري وانخفاض درجة الحرارة الحرجة $T_c=130^{\circ}K$ و $T_c=125^{\circ}K$.

كذلك تم دراسة التركيب البلوري السطحي الكمي والنوعي للعينات بواسطة المجهر الالكتروني الماسح ، ومعرفة نسب العناصر في المركب ومدى تأثير التعويض الجزئي في العناصر للمركب وتحديد نسبة الأوكسجين و التركيب الكمي للعناصر في المركب.

المقدمة

تعتبر ظاهرة التوصيل الكهربائي الفائق (Superconductivity) من أحد أهم الظواهر في فيزياء الحالة الصلبة، وتعرف بأنها ظاهرة انعدام المقاومة النوعية لعدد من الفلزات والمركبات عند تبريدها إلى درجة حرارة واطئة معينة تعتمد على نوع المادة [1].

اكتشفت ظاهرة التوصيل الفائق من قبل العالم أونيس (Kamerling Onnes) عام 1911 إذ لاحظ انخفاض مقاومة الزئبق الصلب وهبوطها المفاجئ إلى الصفر عند درجة حرارة مقدارها (4.2K) [2] ، إذ سميت هذه الدرجة التي تهبط عندها مقاومة المادة إلى الصفر بدرجة حرارة التحول (Transition Temperature) أو درجة الحرارة الحرجة (T_c) [3].

فضلاً عن خاصية انعدام المقاومة التي تتميز بها المواد الفائقة فإنها تمتلك خاصية مهمة أخرى وهي قدرتها على طرد المجالات المغناطيسية من داخلها أو من الوسط الذي تحتويه ما دامت بصورتها الفائقة. فالسلوك للمواد الفائقة التوصيل الكهربائي (انعدام المقاومة للتيار الكهربائي) وطرد المجال المغناطيسي هما السمتان البارزتان لها فجعلتا منها مواد ذات تطبيقات غير محصورة [4,5] . منذ أن اكتشف العالم أونيس لأول مرة ظاهرة التوصيل الكهربائي الفائق، فإن البحث مازال مستمراً سعياً وراء مواد ذات درجات حرارة حرجة (T_c) اكبر حتى تصبح التطبيقات المهمة متاحة بشكل اوسع. وبدءاً من الاكتشاف الذي تم عام 1986 على أيدي العالمين (موللر و بندنورز) فإن أنواعاً جديدة من الاكاسيد الخزفية ذات الدرجات الحرجة فوق (77K)، قد اصبحت هدفاً للبحوث المستفيضة. تمتلك بعض هذه

المواد موصلية فائقة عند درجات حرارة تصل إلى (130K) أو أعلى منها. ويشعر كثير من الباحثين إن قيماً أعلى من هذه الدرجات الحرجة يمكن الوصول إليها، وان الكثير من تطبيقات التوصيل الكهربائي الفائق ستصبح ذات تطبيق عملي في المستقبل [6] .

1 - خواص الموصلات الكهربائية الفائقة Superconductor Properties Critical Temperature 1-1 درجة الحرارة الحرجة (T_c)

عند انخفاض الدرجة الحرارية لبعض المواد فإنها تفقد مقاومتها للتيار الكهربائي وان تلك الحالة تدعى حالة التوصيل الكهربائي الفائق، والدرجة الحرارية التي تتحول فيها المادة من الحالة الاعتيادية إلى حالة التوصيل الفائق تدعى بالدرجة الحرارية الحرجة ويرمز لها (T_c) . وتختلف هذه الدرجة من مادة إلى أخرى [7,8] .

2-1 المجال المغناطيسي الحرج Critical Magnetic Field (B_c)

تتمثل الخاصية الأساسية الثانية للمادة فائقة التوصيل الكهربائي بقدرة مقاومتها الكهربائية على أن تعود مجدداً ، وذلك عندما يسلط عليها مجال مغناطيسي ذا قيمة اكبر من القيمة الحرجة B_c (حتى وإن كان مقدار قيمة درجة الحرارة اقل من القيمة الحرجة T_c لها). ويعتمد مقدار المجال الحرج B_c على نوعية المادة ودرجة الحرارة الحرجة، حيث تتحول المادة من الحالة ذات التوصيل الفائق إلى الحالة الاعتيادية [3,9,10] .

في طاحونة مصنعة من مادة العقيق (gate mortar) وتطحن طحنا جيدا لمدة نصف ساعة لكي يصبح الخليط متجانسا. يتم اضافة كحول الايزوبروبانول (C_3H_8O) وذلك لزيادة التجانس ولتفادي تساقط او فقدان اجزاء من المسحوق في أثناء عملية الطحن. وبعد الانتهاء يوضع المسحوق داخل فرن كهربائي وبدرجة حرارة تتراوح بين ($50^{\circ}C$ - $60^{\circ}C$) وذلك للتخلص من كحول الايزوبروبانول. وبعدها يتم كبسها على شكل اقراص وذلك بواسطة مكبس هيدروليكي وتحت ضغط ($8 \text{ ton} / \text{cm}^2$).

بعد الحصول على العينات المحضرة بشكل أقراص، توضع في فرن كهربائي وترفع درجة حرارته من درجة حرارة الغرفة الى ($600^{\circ}C$) وبمعدل ($120^{\circ}C / \text{hr}$) ثم تبقى هذه العينة عند هذه الدرجة الحرارية ولمدة (12) ساعة، وبعدها يتم رفع درجة حرارة الفرن من $600^{\circ}C$ الى $840^{\circ}C$ وبمعدل ($120^{\circ}C/\text{hr}$) ويبقى عند هذه الدرجة لمدة (24) ساعة في جو مشبع من الاوكسجين. ثم يتم خفض درجة حرارة النموذج من ($840^{\circ}C$) الى ($600^{\circ}C$) وبمعدل ($30^{\circ}C/\text{hr}$) ويبقى عند هذه الدرجة الحرارية ايضا لمدة (12) ساعة، وبعد ذلك يتم خفض درجة الحرارة من ($600^{\circ}C$) الى درجة حرارة الغرفة وبمعدل ($30^{\circ}C / \text{hr}$)، والشكل رقم (1) يوضح عملية التلدين للمركب [12].

Critical Current

3-1 التيار الحرج

(I_c)

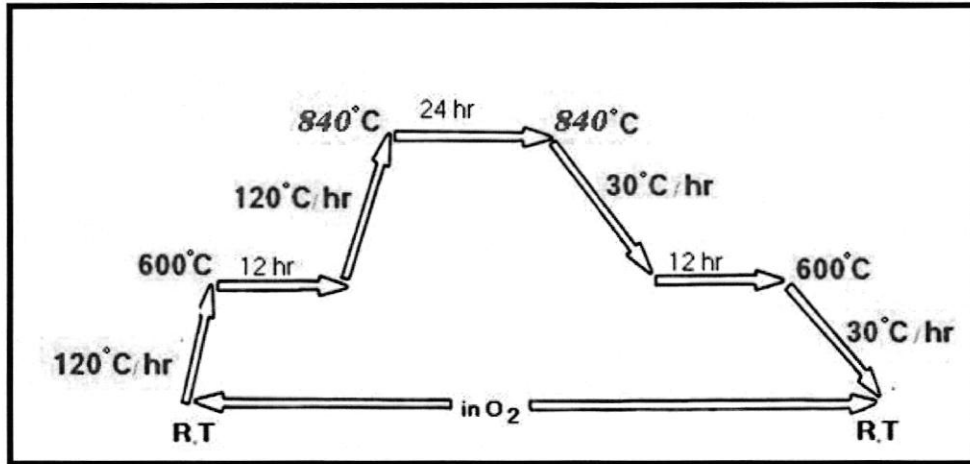
لقد حاول العالم اونيس أن يمرر تيارات كبيرة في الموصلات الفائقة حتى يحصل على مجالات مغناطيسية ضخمة، إلا أنه أدرك بسرعة أن المجالات المغناطيسية الداخلية التي تنشأها هذه التيارات هي التي ستصحب معها الموصلية الفائقة مستحيلة [6].

إذ إن تحطيم ظاهرة التوصيل الكهربائي الفائق بواسطة المجال المغناطيسي يحد من القيمة العظمى للتيار الذي يمكن إرساله خلال المادة، وهي في حالة التوصيل الكهربائي الفائق. وبذلك فإن انعدام خاصية التوصيل الكهربائي الفائق لا يقتصر فقط على تسليط مجال مغناطيسي مناسب، بل على مرور تيار كهربائي ذو قيمة مناسبة في المادة ذات التوصيل الفائق وهو كفيلا في أحيان كثيرة على إزالة هذا التوصيل، ويطلق على قيمة التيار الكهربائي اللازم لإزالة خاصية التوصيل الكهربائي الفائق بالتيار الحرج Critical Current، إن قيمة التيار الحرج تعتمد على طبيعة المادة وشكلها الهندسي وكذلك على قيمة المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار [9].

الجانب العملي :

تلدين العينات

يتم مزج اوزان الاكاسيد والكاربونات المقاسة لكل عينة وذلك للحصول على المركبات (العينات) المطلوبة للدراسة، ومن ثم توضع هذه المواد



الشكل (1): عملية التلدين للمركب في جو مشبع من الاوكسجين

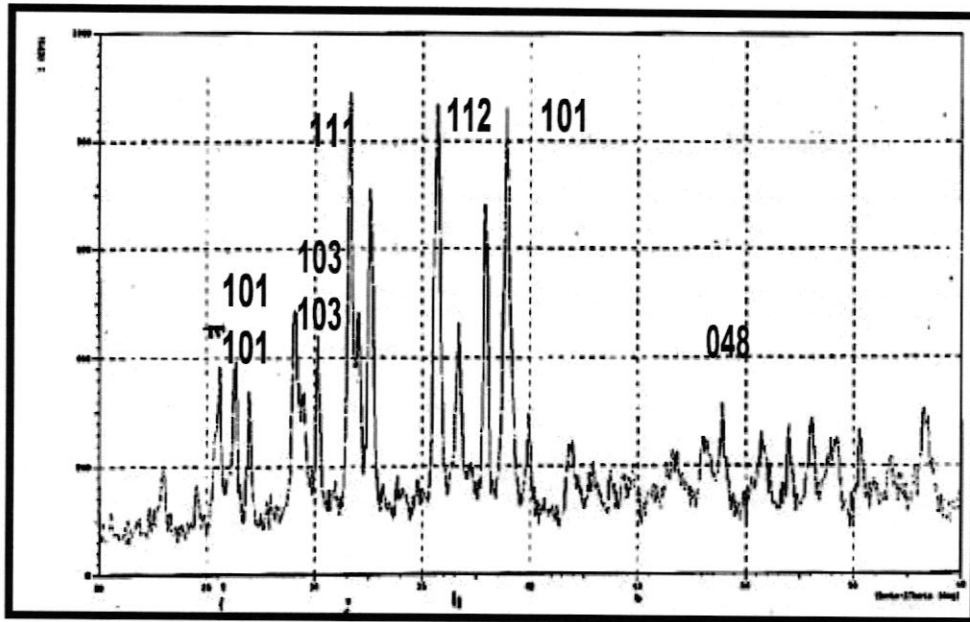
لـ ($x=0.3, y=0.1$) والذي تم تحضيرها عند درجة حرارة تلدين ($840^{\circ}C$) وضغط هيدروستاتيكي (8) طن/سم². لقد تبين من خلال دراستنا لحيود الأشعة السينية للمركب ومن خلال قانون براك في الحيود وبرنامج خاص بلغة بييسك عند نسبة التعويض لـ (x, y) انتظاماً عالياً في التركيب البلوري وظهور قمم واضحة وعالية الشدة مع ضيق عرض القيم، مما يدل على زيادة الانتظام في التركيب البلوري بأفضل صورة، وكانت أبعاد السبكة البلورية تساوي

دراسة الخصائص التركيبية الحجمية للمركب ($Tl_{2-x}Hg_xSr_2$ ($Ba_yCa_2Cu_3O_{10+y}$) الفائق التوصيل الكهربائي عند درجات الحرارة العالية:

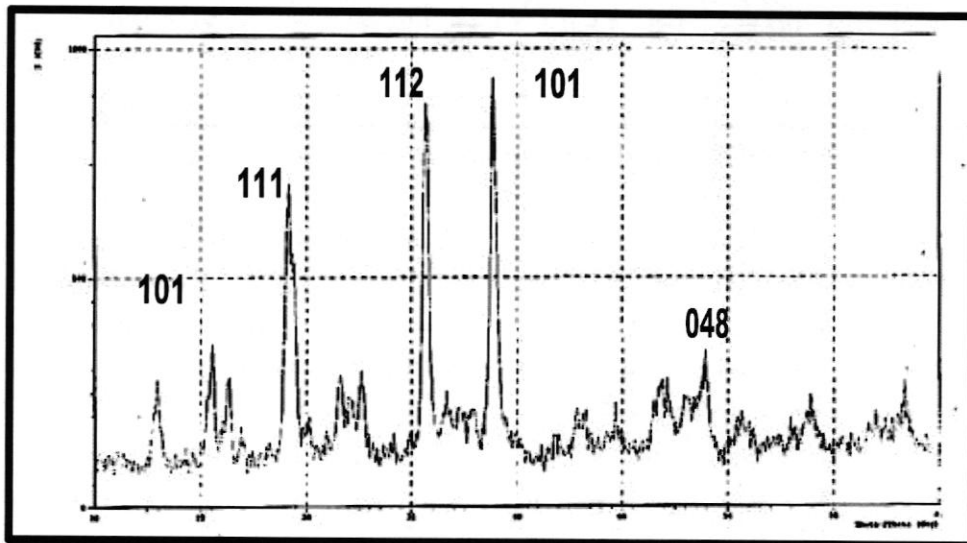
لقد تم دراسة الخصائص التركيبية الحجمية للمركب عند التعويض الجزيئي لعنصر الزئبق Hg في عنصر التالوم TL وتعويض عنصر الباريوم Ba في عنصر السترونتيوم Sr ونسب مختلفة لـ (x, y) حيث أن قيمة ($x=0.3$)، ($y=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$) عند نسبة التعويض

وعند زيادة نسبة التعويض لـ ($y=0.4, 0.5$) لاحظنا انخفاض في شدة القيم بكل واضح مع اختفاء بعض القيم وتغير المركب من الرباعي القائم إلى المعين القائم كما في (الشكل-5) ومن خلال هذه الدراسة تبين أن أفضل نسبة تعويض للمركب هي عندما ($X=0.3, y=0.1$)، وهذه الدراسة تتفق مع دراسات سابقة. [13].(Ali, 2007)

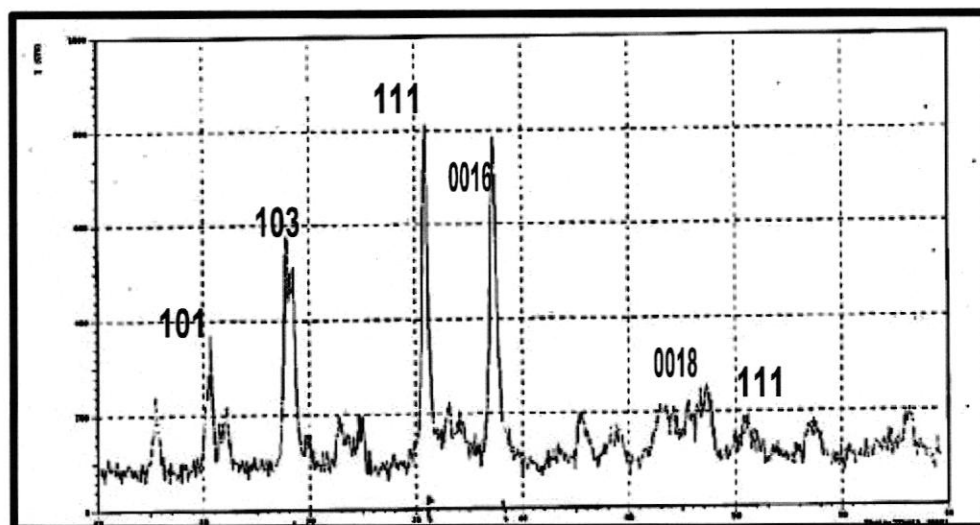
حيث ازداد طول المحور (c) وكما مبين في الشكل (2). وعند زيادة نسبة التعويض إلى ($x=0.3$) و ($y=0.2, 0.3$) لاحظنا انخفاضاً في شدة القيم وقلة الانتظام في التركيب البلوري، ومن خلال إيجاد قيم أبعاد السبيكة انخفاض في طول المحور (C)، حيث أن قيم أبعاد السبيكة تساوي $a=b=3.48, C=33.78$ ، وكما مبين في الشكل (3) و (4).



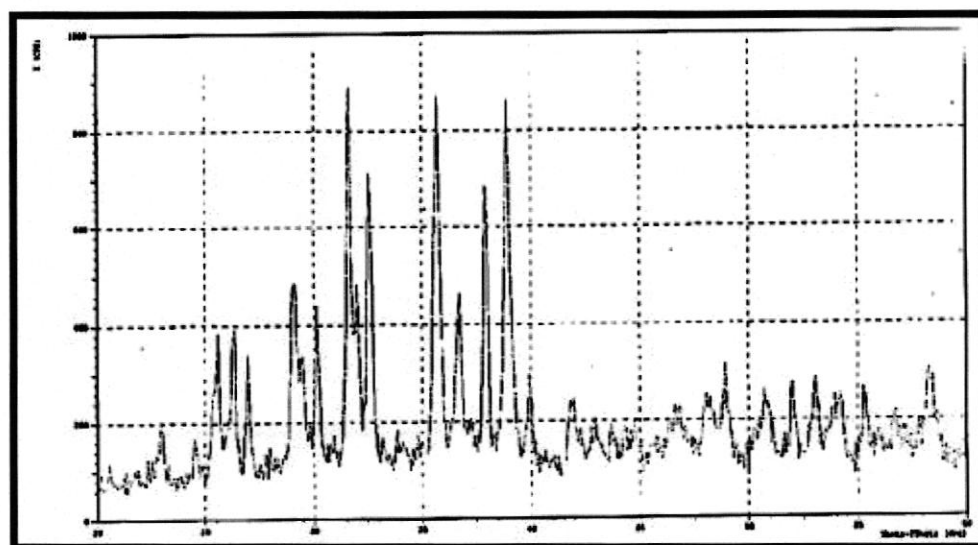
الشكل (2) دراسة حيود الأشعة السينية للمركب ($Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$) عندما $x = 0.3$ و $y = 0.1$



الشكل (3) دراسة حيود الأشعة السينية للمركب ($Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$) عندما $x = 0.3$ و $y = 0.2$



الشكل (4) دراسة حيود الأشعة السينية للمركب $(Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{8+δ})$ عندما $x = 0.3$ و $y = 0.3$



الشكل (5) دراسة حيود الأشعة السينية للمركب $(Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{8+δ})$ عندما $x = 0.3$ و $y = 0.4$

الأكسجين مع زيادة التركيز مما أدى إلى زيادة درجة الحرارة الحرجة وكما مبين في الجدول (1)، بينما لاحظنا هبوطاً في درجة الحرارة الحرجة عندما ازدادت نسبة التركيز لـ Hg, Ba بنسبة $y = 0.5$ فقد انخفضت درجة الحرارة الحرجة للمركب إلى $T_c = 120K$ و $T_c = 100K$ والسبب في انخفاض درجة الحرارة الحرجة يعود إلى نقصان طول المحاور (c) والذي بدوره يؤدي إلى انخفاض في قيمة درجة الحرارة الحرجة T_c أي زيادة نسبة التركيز لـ (y) أكبر من 0.1 مع ثبات $x=0.3$ يسبب تغيير في التركيب البلوري للمركب، إن هذه القيمة تتفق مع أبحاث سابقة [7] والذي تم فيه تعويض العناصر الأرضية النادرة في العنصر (Tl, Sr) بوصفه تعويضاً جزئياً. إن هذه النتائج تفسر على أساس الانتظام العالي والجيد في البنية البلورية للمركب الفائق التوصيل الكهربائي.

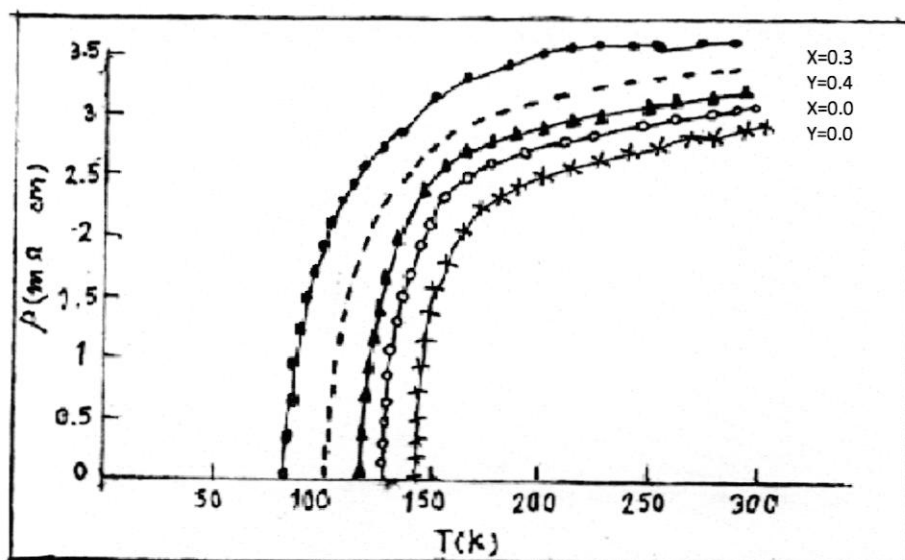
دراسة الخصائص الكهربائية للمركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{8+δ}$ الفائق التوصيل الكهربائي

تمت دراسة الخصائص الكهربائية للمركب عند التعويض الجزئي للعنصر Hg و Sr في العنصر Bi و Ba للمركب $Bi_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+δ}$ وينسب مختلف لـ (x,y) إذ كانت قيمة $y = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ كما مبين في الشكل (6). وبيئت الدراسة للنماذج المحضرة عندما كانت نسبة التعويض (x) = 0.3. ازدياد درجة الحرارة إلى (148 K) وعند زيادة نسبة التركيز إلى $y = 0.3$ انخفضت درجة الحرارة الحرجة إلى (130 K).

وعند زيادة نسبة التركيز لـ Hg بنسبة $y = 0.3$ انخفضت درجة الحرارة الحرجة إلى (125 K)، إن هذه النتيجة يمكن تفسيرها على أن المركب أخذ دور الكمال في التركيب البلوري وهذه النسبة من التعويض أدت إلى زيادة درجة الحرارة الحرجة وكذلك زيادة نسبة

المركب مما أدى الى انخفاض قيمة (Tc) أي زيادة نسبة التركيز لعنصر الزئبق وانخفاض في قيمة (c) وكما مبين في الشكل (6) [14] [15].

ان هذه النتائج تتطابق مع ابحاث سابقة [14] [15]. اما انخفاض درجة الحرارة الحرجة للمركب فتفسر على اساس عدم الانتظام في البنية البلورية بسبب ظهور شوائب لأكاسيد النحاس (CuO) في



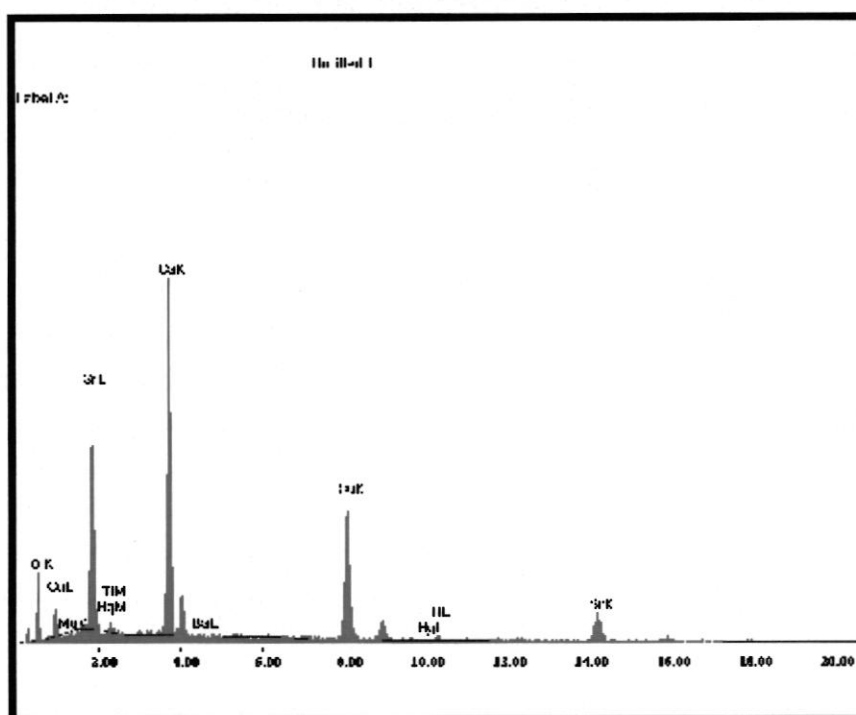
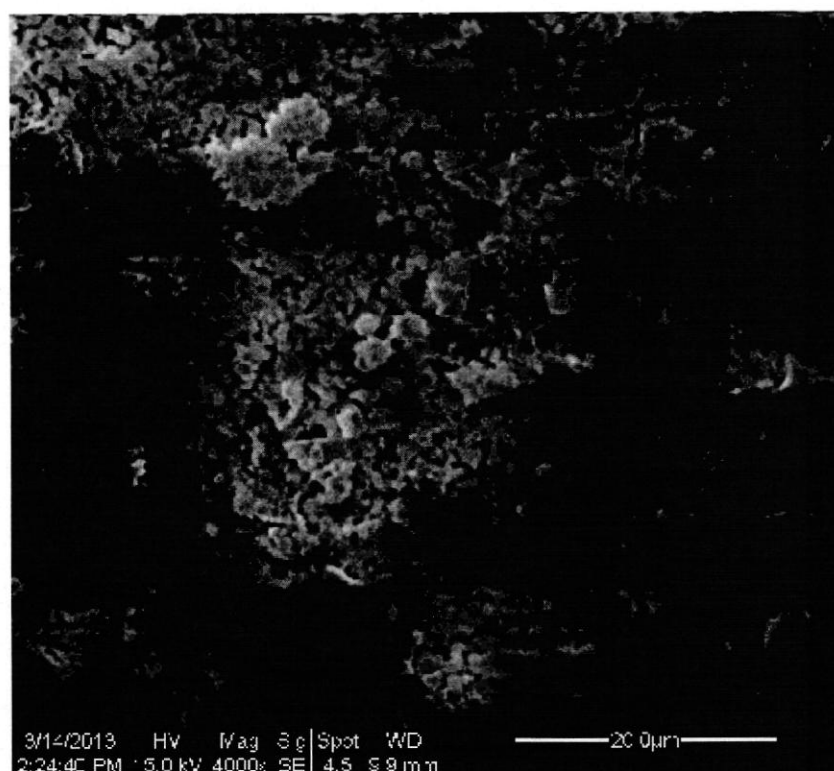
الشكل (6) يبين العلاقة بين درجة الحرارة الحرجة مع المقاومة للمركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+8}$ عندما $x=0.3, y=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$

الجدول (1) يبين العلاقة بين درجة الحرارة الحرجة ونسبة التركيز مع نسبة الأوكسجين في المركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+8}$

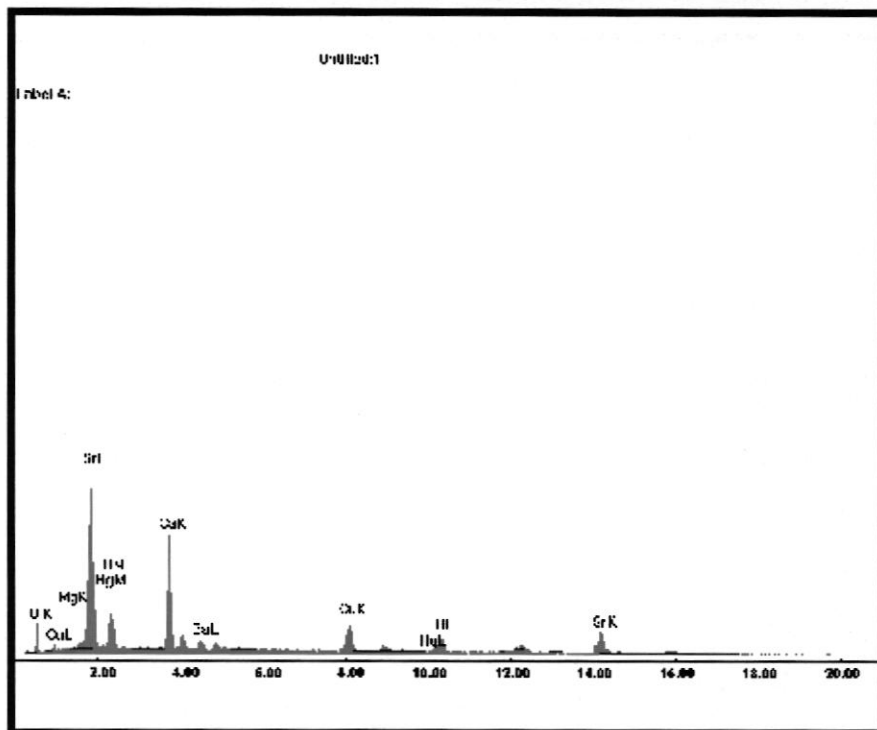
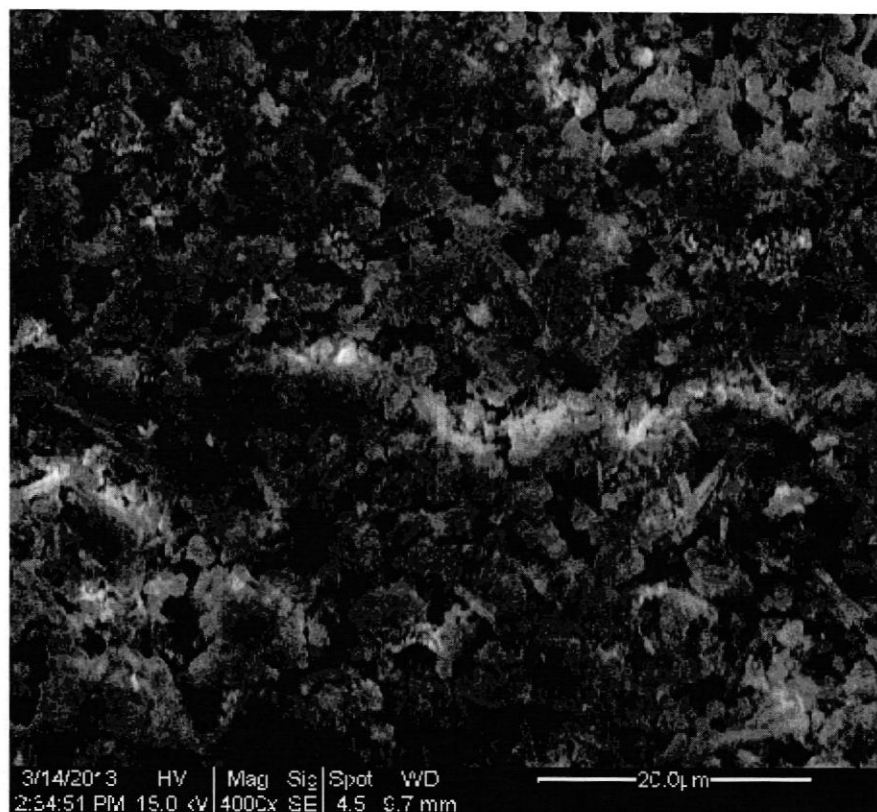
نسبة الأوكسجين	درجة الحرارة الحرجة Tc	نسبة التعويض
10.28	135	x=0, y=0
10.42	148	x=0.3, y=0.1
10.24	130	x=0.3, y=0.2
10.23	125	x=0.3, y=0.3
10.21	120	x=0.3, y=0.4

حيث لاحظنا في هذا الشكل ازدياد التجانس في العناصر كذلك زيادة نسبة العناصر الثقيلة مثل (Tl) وأوكسيد النحاس (CuO) وعنصر الزئبق (Hg) وزيادة نسبة الاوكسجين . مما أدت الى زيادة درجة الحرارة الحرجة لهذه المركبات لذلك اخذ المركب دور الكمال في التركيب البلوري ، ان هذه الدراسة تؤكد صحة عملنا وتؤكد دراسة زيادة درجة الحرارة الحرجة والانتظام في التركيب البلوري حيث ازدادت درجة الحرارة الحرجة عند التركيز ، $y=0.1, x=0.3$ حيث ازداد طول المحور (c) بالنسبة لـ b ، وهذه ناتجة من زيادة (B-cation) ، اما عند زيادة نسبة التركيز بالنسبة لـ (y) اكثر من (0.2) نلاحظ انخفاض في درجة الحرارة الحرجة لذلك انخفاض في شدة القمم وكذلك نقصان في نسبة الاوكسجين وكما مبين بالشكل (8) و (9) . ان هذه النتائج تؤيدها دراسات سابقة [16,17,18,19].

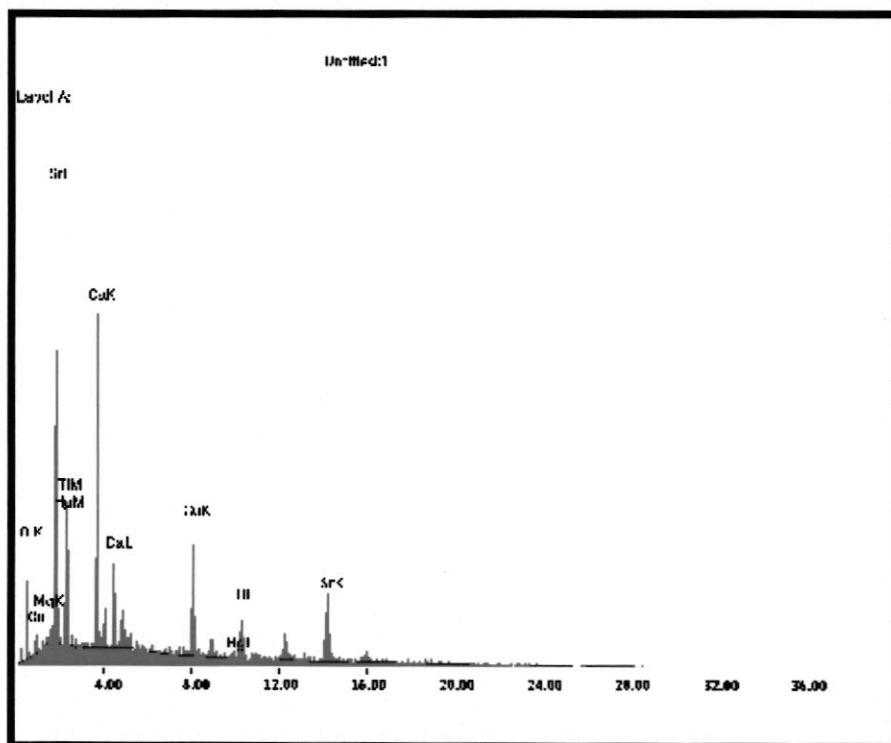
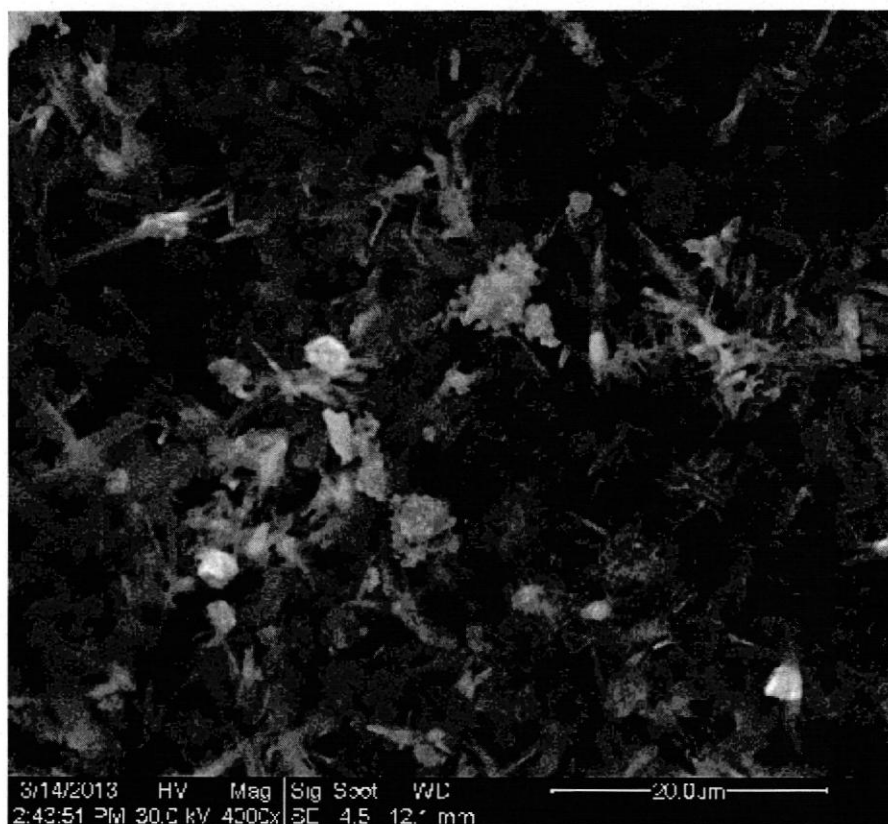
دراسة الخصائص التركيبية السطحية للمركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+8}$ باستخدام المجهر الالكتروني الماسح
لقد تم دراسة التركيب السطحي والكمي للعينة بواسطة المجهر الالكتروني الماسح للمركب وينسب مختلف لـ (x) و (y) حيث كانت قيم $x=0.3, y=0.1, 0.2, 0.3$ حيث لاحظنا من خلال المسح الالكتروني والصور هناك مناطق مظلمة داكنة ومناطق فاتحة مضيئة وهي عبارة عن العناصر ذات الاوزان الذرية ذات الكثافة العالية والقليلة أي عناصر الثاليوم (Tl) والنحاس (CuO) وعنصر الزئبق (Hg) اما العناصر ذات الكثافة القليلة مثل (Ca) وكذلك ملاحظة العلاقة البيانية بين الشدة وبين طاقة الالكترون لهذه المركبات وكما مبين في الشكل (7).



الشكل (7) يبين الفحص المجهرى في المركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+z}$ تحت ضغط هيدروستاتيكي 8 طن / سم² ودرجة حرارة تليدين 840 عندما $x=0.3$, $y=0.1$



الشكل (8) يبين الفحص المجهرى في المركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+r}$ تحت ضغط هيدروستاتيكي 8 طن / سم² ودرجة حرارة تالدين 840 عندما $x=0.3, y=0.2$



الشكل (9) يبين الفحص المجهرى في المركب $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}BaCa_2Cu_3O_{10+r}$ تحت ضغط هيدروستاتيكي 8 طن / سم² ودرجة حرارة تليدين 840 عندما $x=0.3, y=0.3$

المصادر

9. Rohlf, " Superconductivity Concepts", Hyper Physics R.Nave, Georgia Stat University, (2005).
10. Lynn J. W., "High Temperature Superconductivity", Springer-Verlag, (1990).
11. القيسي، غازي ياسين، " اساسيات الفيزياء الحديثة" دار الميسرة للنشر والتوزيع والطباعة، (2007).
12. Bahoum S.A., M.Sc., Thesis University of Science and Technology, Jordan, December, (2005).
13. Ali, Abdul-Kareem D., Ph.D. thesis, Mosul University, Feb. 2007.
14. Fathi S. J., Alwahab M. and Zainal, 'K. J. Edu. Sci.' V.16, P.30, (1998).
15. Schilling A., Cantoni M., Niessen H. V. and Otl H. R. 'Phys. C', V.215, No.1-2, P.11, (1993).
16. F. Ib.Sultan, M.SC, University of Tikrit, (2010)
17. A. M. Abed, M. Sc. Thesis, University of Tikrit, (2011).
18. Beasley M. R., "A History of Superconductivity", in. Advances Superconductivity: (15588) edited by K. Ishigurp (Eds), Nagoya, 3, (1988).
19. Kadham A. M., Ali A. D., 'Sept. of Phys.', No.15,P.23,(2002).
1. جمال، يحيى نوري، "فيزياء الحالة الصلبة"، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، (1990).
2. Hag A. U. " The Advant of Higher Temperature Super Conducting Materials ", Science Technology and Development V. 7,3,(1988)
3. الراوي، صبحي سعيد، شاكر جابر شاكر، يوسف مولود حسن، "فيزياء الحالة الصلبة"، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، (1989)
4. الشاذلي، عبد الفتاح، "فيزياء الجوامد"، الدار العربية للنشر والتوزيع، (2003).
5. Gautreau R., Sarin W. , "Modern Physics", Mc Graw-Hill Companies, (1999).
6. Omar M. A., "Elementary Solid State Physic Priciples and Applications", Addesion- Wesley, (1975).
7. Maxwell E., 'Phys. Rev.', V.78,P.477,(1950).
8. Kittel C., " Introduction to Solid State Physics", 8th ed., John Wiley and Sons, Inc, (2005).

Study of Structural and Electrical Properties of Composition

 $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+\delta}$ Superconductor

Abdul Kareem Dahash Ali, Rafaa Abdul Kareem Mohammed, Sarah Ahmed Taha

Department of Physics, College of Education, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

Abstract

Samples of the compound ($Tl_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$) had been studied and prepared by solid state reaction using annealing method under different temperatures and hydrostatic pressures. We found that the best annealing temperature is 840°C and best hydrostatic pressure is 8ton/cm^2 .

Studying the X-ray diffraction for the prepared compound at 840°C annealing temperature and 8ton/cm^2 hydrostatic pressure showed that it has a crystalline structure of Tetragonal type. Also it showed that the best ration of oxygen in the compound (S) is (10.42), and this ratio gave the highest value for the critical temperature T_c , as this proportion of oxygen in the compound has a basic role in increasing the critical temperature value.

At the molecular compensation for the element Mercury (Hg) in the element Thallium (TL), and the element Barium (Ba) in the element Strontium (Sr) at the same time, the compound becomes as the following formula: $Tl_{2-x}Hg_xSr_{2-y}Ba_yCa_2Cu_3O_{10+\delta}$ with different rates of (x,y) equal ($x=0.3, y=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$). The compound keeps on its Tetragonal type at the molecular compensation where the critical temperature for the compound increased from 142°K to 148°K at the compensation rate of ($x=0.3, y=0.1$). But when the compensation rate of (x) and (y) increased, a change occurred in the crystalline structure and decreasing the critical temperature.

Also, in this research, we study the samples; examine the crystalline, surface, qualitative and quantitative structure by the scanning electron microscope; finding the rates of the elements in the compound, and the impact of the molecular compensation in the elements for the compound; determine the percentage of oxygen and quantitative composition of the elements in the compound.