تأثير التعويض الجزئي لـ Ag, Sr على الخصائص التركيبية والكهربائية للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ الفائق التوصيل الكهربائي

عبد الكريم دهش علي ، خالد حمدي ارزيج
مركز بحوث الموارد الطبيعية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: 12 / 5 /2013 ---- تاريخ القبول: 24 / 6 /2013)

الملخص

تم تحضير المركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ الفائق التوصيل الكهربائي عند درجات الحرارة العالية و بطريقة تفاعل الحالة الصلبة . وباستخدام طريقة التلدين في جو مشبع بالأوكسجين وبنسب مختلفة لـ (x , y) حيث ان قيمة (x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4) و (y=0.1, 0.2, 0.3, 0.4) وتم تحضير العينات بدرجات حرارة تلدين°750C. وتحت ضغط هيدروستاتيكي$8ton/cm^2$. ومن خلال دراستنا لحيود الاشعة السينية باستخدام جهاز الأشعة السينية (XRD) وجدنا ان المركب من النوع الرباعي القائم Tetragonal. وكذلك تم دراسة الخصائص الكهربائية للمركب وتم الحصول على افضل درجه حرارة حرجه 142Kعند نسبه التعويض (x=0.2, y=0.1) . كذلك تم استخدام جهاز المجهر الالكتروني الماسح لدراسة الخصائص التركيبية السطحية . لتحديد نسب العناصر في المركب .

المقدمة

تعتبر ظاهره التوصيل الكهربائي (superconductivity) أحد أهم الظواهر في فيزياء الحالة الصلبة ، وتعرف بانها ظاهره انعدام المقاومة النوعية لعدد من الفلزات و المركبات عند تبريدها الى درجة حرارة واطئة معينه وتعتمد على نوع المادة [1] .

ظاهره التوصيل الفائق تم اكتشافها من قبل أونيس (Kamerlling Onnes) عام1911م اذ لاحظ انخفاض مقاومه الزئبق الصلب وهبوطها المفاجئ الى الصفر عند درجه الحرارة مقدارها (4.2K) [2] ، اذ سميت هذه الدرجة التي تهبط عندها مقاومة المادة الى الصفر بدرجه حرارة التحول (Transition Temperature) او درجه الحرارة الحرجة (T_C) . وان خواص هذه المواد في حالة التوصيل الكهربائي الفائق ، تختلف كثيرا عن الحالة الاعتيادية Normal State (N.S) وذلك بسبب التغير الحاصل في سلوك اللكترونات التوصيل [3] .

فضلا عن خاصية انعدام المقاومة التي تتميز بها المواد الفائقة التوصيل فأنها تمتلك خاصية مهمه اخرى وهي قدرتها على طرد المجالات المغناطيسية من داخلها او من الوسط الذي تحتويه ما دامت بصورها الفائقة .فالسلوك للمواد الفائقة التوصيل الكهربائي (عدم المقاومة للتيار الكهربائي) وطرد المجال المغناطيسي هما السمتان البارزتان لهما فجعلها منهما مواد ذات تطبيقات غير محصورة [4,5,] .

الجزء النظري :- من خواص الموصلات الفائقة التوصيل الكهربائي

المجال المغناطيسي الحرج (B_C) Critical Magnetic Field

تتمثل الخاصية الاساسية للمادة فائقة التوصيل الكهربائي بقدره مقاومتها الكهربائية على ان تعود مجددا ، وذللك عندما يسلط عليها مجال مغناطيسي ذا قيمه اكبر من القيمة الحرجة B_C (حتى وان كان مقدار قيمه درجه الحرارة اقل من القيمة الحرجة T_C لها) . ويعتمد المجال المغناطيسي الحرج على نوعية المادة ودرجه الحرارة الحرجة، حيث تتحول المادة من الحالة ذات التوصيل الفائق الى الحالة الاعتيادية [6,7] .

درجة الحرارة الحرجة (T_C) Critical Temperature

عند انخفاض الدرجة الحرارية لبعض المواد فأنها تفقد مقاومتها للتيار الكهربائي وان تلك الحالة تدعى حالة التوصيل الفائق . والدرجة الحرارية التي تتحول فيها المادة من الحالة الاعتيادية الى حالة التوصيل الفائق، تدعى بالدرجة الحرارية الحرجة ويميز لها(T_C)وتختلف هذه الدرجة من ماده الى اخرى[8,6] .

الجزء العملي

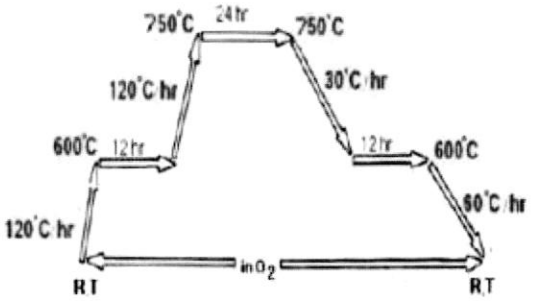
تحضير العينات

تم تحضير العينات باستخدام و طريقة تفاعل الحالة الصلبة وبطريقة التلدينAnnealing .

يتم مزج اوزان الاكاسيد والكربونات المقاسة لكل عينه وذلك للحصول على المركبات (العينات) المطلوبة للدراسة ومن ثم وضع هذه المواد في طاحونه مصنعه من العقيق (gate mortar) وتطحن جيدا لمده نصف ساعة لكي يصبح الخليط متجانسا . يتم اضافة كحول الايزوبروبانول (C_3H_8O) وذلك لزياده التجانس ولتفادي تساقط او فقدان اجزاء من المسحوق في اثناء عملية الطحن . وبعد الانتهاء يوضع المسحوق داخل فرن كهربائي وبدرجه حراره بين (50-60C) وذلك للتخلص من كحول الايزوبروبانول . وبعدها يتم كبسها على شكل اقراص بواسطه مكبس هيدروليكي وتحت ضغط($8\ ton / cm^2$) .

بعد الحصول على العينات المحضرة بشكل أقراص، توضع في فرن كهربائي وترفع درجة حرارته من درجة حرارة الغرفة إلى (600°C) وبمعدل (120°C/hr) ثم تبقى هذه العينة عند هذه الدرجة الحرارية ولمدة (12) ساعة ، وبعدها يتم رفع درجة حرارة الفرن من 600°C إلى 750°C وبمعدل (120°C/hr) ويبقى عند هذه الدرجة لمدة (24) ساعة في جو مشبع بالأوكسجين . ثم يتم خفض درجة حرارة النموذج من850°C إلى 600°C وبمعدل (30°C/hr) ويبقى عند هذه الدرجة الحرارية أيضا لمدة (12) ساعة ، وبعد ذلك يتم خفض درجة الحرارة

من (600°C) إلى درجة حرارة الغرفة وبمعدل (30°C/ hr) والشكل (1) يوضح عملية التلدين للمركب [9] .



الشكل (1) عملية التلدين للمركب في جو مشبع من الأوكسجين

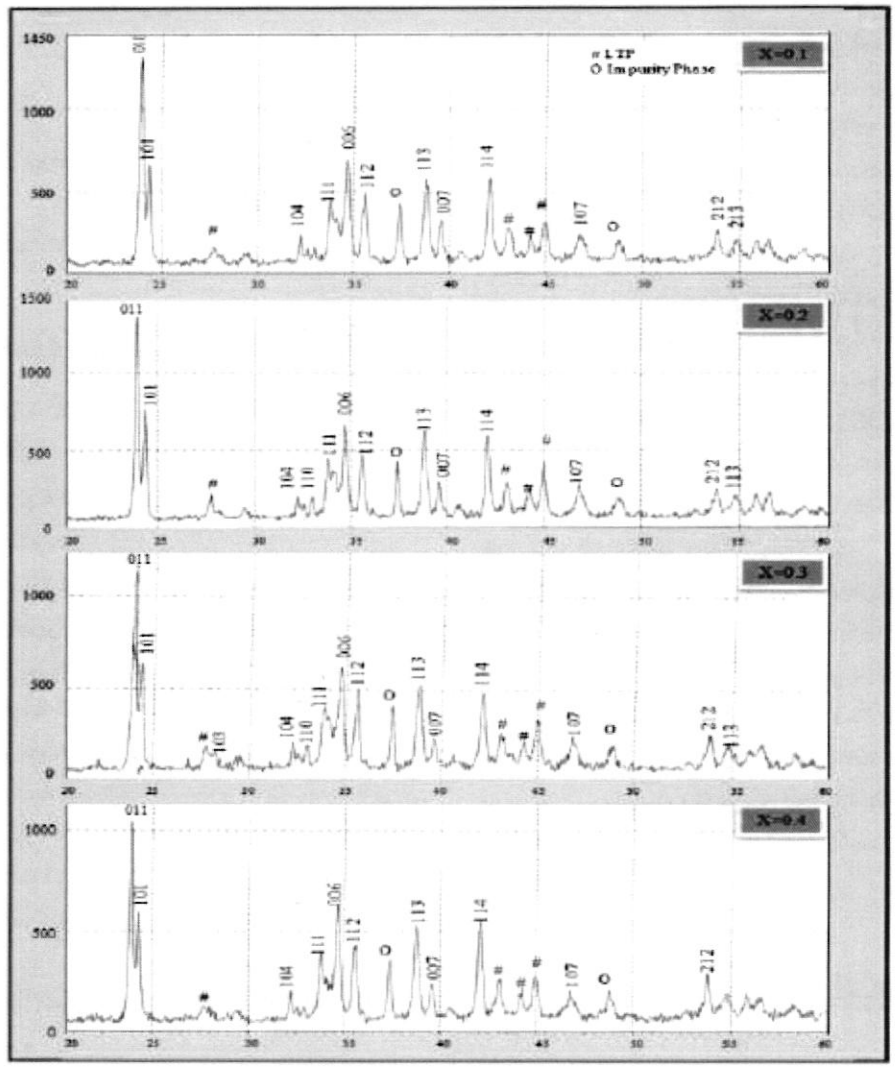
النتائج والمناقشة

الخصائص التركيبية للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ الفائق التوصيل الكهربائي

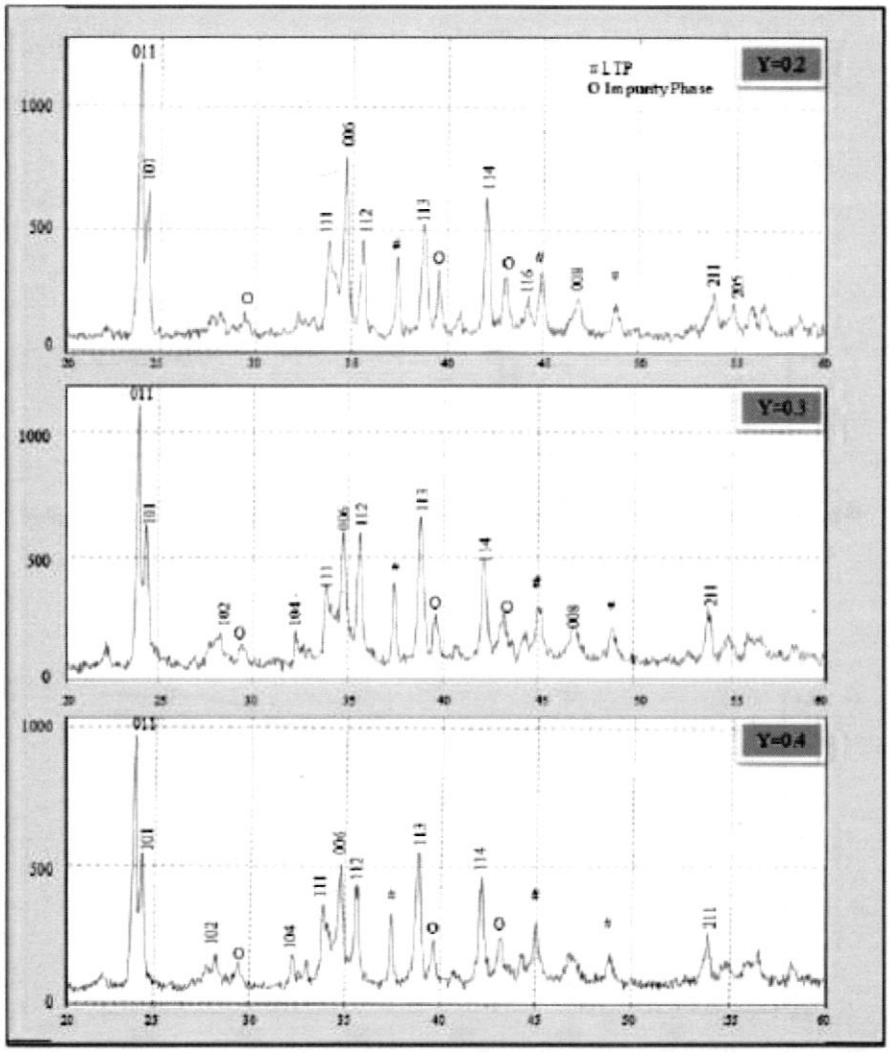
لقد تم دراسة التعويض الجزئي لعنصر الفضة و السترونتيوم في عنصري الزئبق والباريوم المركب و أظهرت النتائج جميع النماذج ذات التركيب البلوري من النوع الرباعي (Tetragonal)وظهر الطور الرئيسي العالي لدرجة الحرارة الحرجة (1223) كطور متغلب وبعض الاطوار القليلة ذو درجة حرارة حرجة منخفضة والشوائب مثل CuO, $CaHgO_2$. وعند النسب المتغيرة لمحتوى تركيز الفضة ادى الى زياده طول المحور c– وبروز قمم واضحه من خلال شكل حيود الاشعة السينية كما في الشكل (2) . وعند نسبة التعويض x=0.1 اظهرت من خلال دراسة حيود الأشعة السينية هناك قمم واضحه وبارزه ومنفصله بعضها عن بعض هذا يفسر مدى تأثير درجه الحرارة والضغط وكذلك نسبة التعويض الجزئي لعنصر الفضة في الزئبق وعند زياده نسبة التعويض الى x=0.2 لاحظنا زياده طول المحور c- مما ادى الى تحسن التركيب البلوري a=b=3.876A ,c=15.864A ولكن عند زياده نسبة التركيز الى x=0.3, 0.4 انخفض شده القمم هذا يدل على تغير طول المحور c- . لذلك افضل نسبه تعويض جزئي عند x=0.2. ولكن عند التعويض الجزئي لعنصر السترونيوم في لباريوم وبنسبة y=0.1 أدى الى انضغاط المحور c- بزياده نسب المتغيرة التركيز للسترونيوم للنسب الاعلى من y=0.1 التي اظهرت قمم واضحه تشير الى انها لعنصر السترونتيوم وابعاد الشبيكة عند نسبة التعويض (y=0.1) ، a=b=3.877A,c=15.830A ومع زياده نسبة السترونيوم لاحظنا انخفاض في شده القمم كما في الشكل (3) . اي ظهور تغير بسيط في التركيب البلوري و انخفاض طول المحور – cالذي يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة الحرجة [10] وهذا الانخفاض في درجة الحرارة الحرجة سببه زيادة نسبة تعويض Sr وهذا يتفق مع نتائج Batista[11] للمركب ((Ba,Sr)-1223Hg,Re) . بينما معامل الشبيكة–a اظهر بتغير بسيط وعشوائي لجميع النماذج المحضرة . وعند نسب التعويض x=0.2، y=0.1 لاحظ طول المحور – c(c=15.891A) وطول المحور –a(a=3.861A) امتلك اعلى درجة حرارة انتقال . والجدول (1) يوضح ابعاد الشبيكة لمختلف نسب التعويض الاتي لكل من (x,y) في المركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_2$. $_ySr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$.

الجدول(1) يوضح ابعاد الشبيكة لمختلف النسب التعويض الاتي لكل (x , y) للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$

X	Y=0.1		Y	X=0.2	
	a(A)	c(A)		a(A)	c(A)
0.1	3.852	15.961	0.1	3.821	15.981
0.2	3.841	15.981	0.2	3.861	15.822
0.3	3.838	15.921	0.3	3.841	15.730
0.4	3.830	15.881	0.4	3.821	15.700



الشكل (2) (XRD) للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ عند (X=0.1, 0.2, 0.3, 0.4)

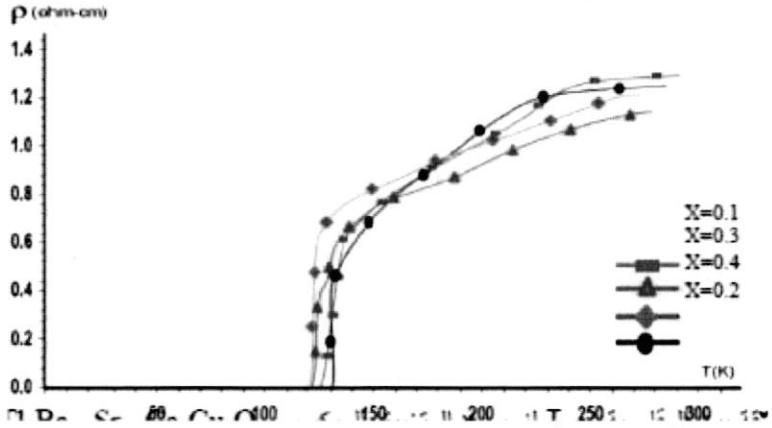


الشكل (3) (XRD) للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ عند (Y= 0.2, 0.3, 0.4)

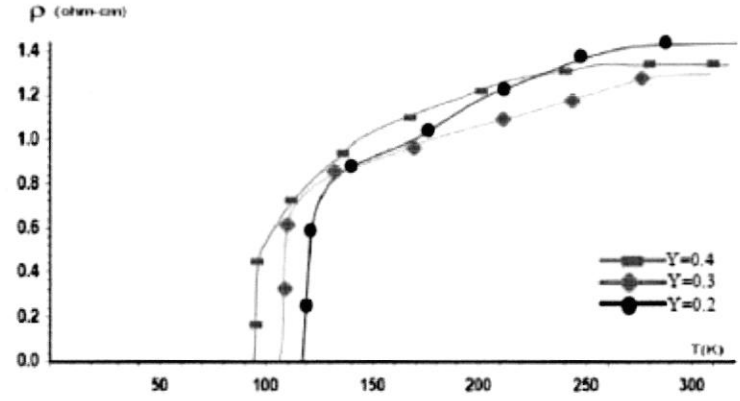
الخصائص الكهربائية للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$

الفائق التوصيل الكهربائي

تم دراسة الخصائص الكهربائية للمركب عند التعويض الجزئي للعنصر Ag و Sr في العنصر Hg و Ba للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ وبنسب مختلفة من (x, y) وكانت اعلى درجة حرارة حرجة للنسب المتغيرة لـ x (T_C=142K) عند (x=0.2) لـ (y=0.1) وهذه الزيادة سببها الانتظام في التركيب البلوري للمركب و زياده طول المحور -c وكذلك زيادة نسبة الأوكسجين ولكن عند زيادة نسبة التعويض لنسب المتغير لـ y≤ 0.2 عند(x=0.2) كانت أعلى درجه حرار ة الحرجة (T_C=130K) لنسبه التعويض y=0.2 وعند الزيادة اعلى من هذه النسبة انخفضت درجات الحرارة الحرجة حيث ان انخفاض الدرجة الحرارة الحرجة ناتج انخفاض المحور -c وعن تقليل كثافة الفجوات في طبقات CuO مؤدي الى تقليل ازواج كوبر بين الطبقات الذي يحتاج الى كثافة الكترونية عالية وفجوة طاقة ضيقة. والجدول (2) يوضح درجة الحرارة الحرجة مع نسبة الأوكسجين التعويض الاتي لنسب x و y المختلفة للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$. والشكل (4) العلاقة بين المقاومية و T_C لنسب xالمتغيرة للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$والشكل (5) العلاقة بين المقاومية و T_C لنسبyالمتغيرة للمركب .



الشكل (4) العلاقة بين المقاومية و T_C لنسب x المتغيرة للمركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{0.9}Sr_{0.1}Ca_2Cu_3O_{8+\delta}$



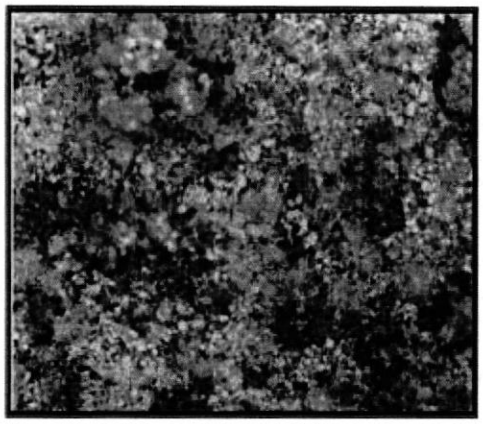
الشكل (5) العلاقة بين المقاومية و T_C لنسب y المتغيرة للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$

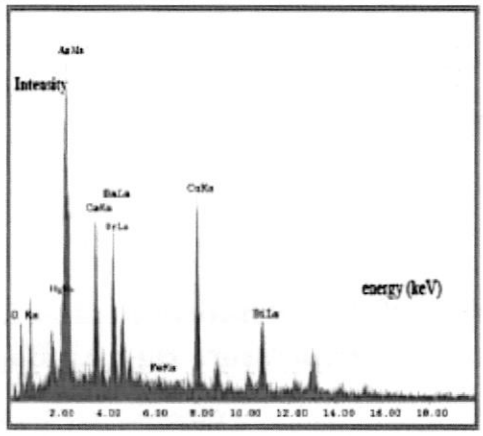
الجدول (2) يوضح درجه الحرارة الحرجة و نسبة الاوكسجين (δ) لنسب التعويض المختلفة من x و y للمركبات $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$

X	Y	T_C	(δ)	X	Y	T_C	(δ)
0.1	0.1	138	0.38	0.2	0.1	142	0.42
0.2		142	0.42		0.2	130	0.33
0.3		140	0.44		0.3	108	0.21
0.4		130	0.46		0.4	–	–

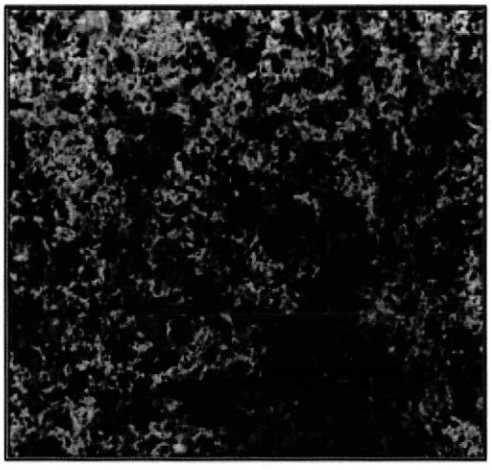
الخصائص التركيبية السطحية والنوعية للمركب $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ باستخدام المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscopic

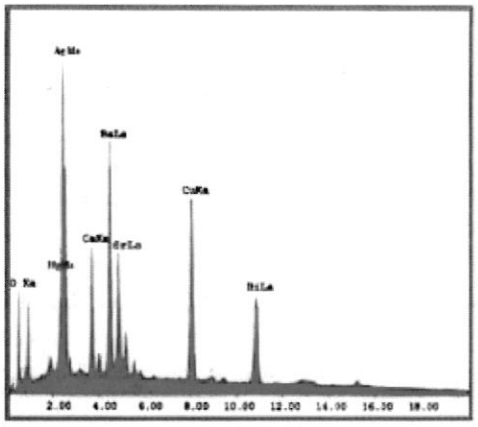
لقد تمت دراسة المسح الالكتروني للعينة بواسطة المجهر الالكتروني عند التعويض الجزئي لعنصر Ag و Sr في العنصر Hg و Ba وبنسب x= 0.1, 0.2 , 0.3 و y=0.1, .إذ لاحظنا الانتظام في تجانس المادة وكما لاحظنا من ظهور المناطق المظلمة الداكنة والمناطق المضيئة إذ أن نسبة المناطق الداكنة أكثر من المضيئة وكانت متجانسة . هذا يدل على زيادة نسبة العناصر الثقيلة مثل البزموث (Hg) واوكسيد النحاس (CuO) وزيادة نسبة الاوكسجين فقد تطابقت مع دراسة حيود الاشعة السينية للمركب وزيادة درجة الحرارة الحرجة لهذا المركب . وكما مبين في الأشكال (6)(7) و(8) هذا يدل على صحة العمل ويطابق النتائج اذ اخذ المركب دور الكمال في التركيب البلوري وزيادة درجة الحرارة الحرجةو هذا بسبب زيادة نسبة طبقات CuO وزيادة نسبة الأوكسجين في المركب ، وكما مبين في العلاقة البيانية بين شدة الأشعة وطاقة الإلكترون ، ان هذه النتائج تؤكدها دراسات سابقة [12] [13] ، ولكن عن زيادة نسبة تركيز (x) أكثر من (0.2) في المركب لاحظنا انخفاضا في شدة القمم لهذه المواد دلالة على تأكيد عملنا في دراسة حيود الأشعة السينية [12] [14] .



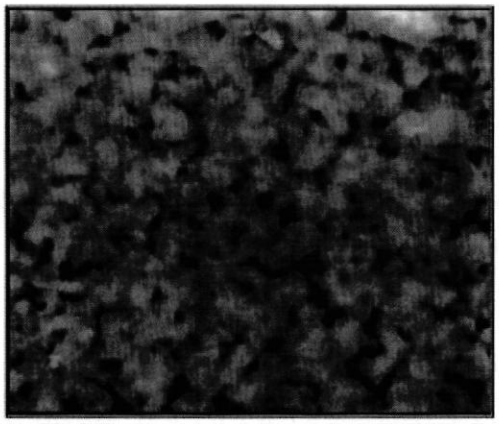


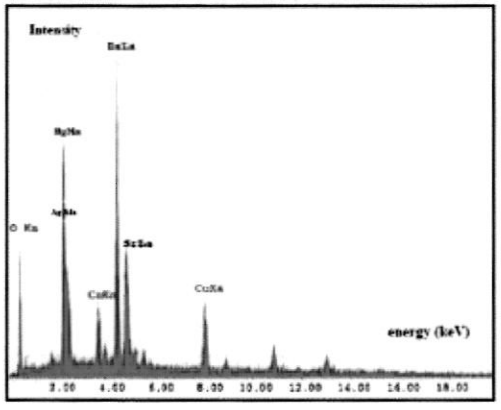
الشكل (6) : الفحص ألمجهري للمركب ($Hg_{2-x}Ag_xBa_2$-) تحت ضغط هيدروستاتيكي ($Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$-y) 8 ton / cm^2 ودرجة حرارة تلدين (750^{0}C) عندما x=0. 1 و y=0.1





الشكل (7) : الفحص ألمجهري للمركب ($Hg_{2-x}Ag_xBa_2$-) تحت ضغط هيدروستاتيكي ($Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$-y) 8 ton / cm^2 ودرجة حرارة تلدين (750^{0}C) عندما x=0.2 و y=0.1





الشكل (8) : الفحص ألمجهري للمركب ($Hg_{2-x}Ag_xBa_2$-) تحت ضغط هيدروستاتيكي ($Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$-y) 8 ton / cm^2 ودرجة حرارة تلدين (750^{0}C) عندما x=0.3 و y=0.1

المصادر

1- يحيى نوري، "فيزياء الحالة الصلبة"، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعه الموصل، **(1990)** .

2. Hag A. U. " The Advant of Higher Temperature Super Conducting Materials ", Science Technology and Development V. 7,3,**(1988)** .

3-الر اوي، صبحي سعيد، جابر شاكر، يوسف مولود حسن،" فيزياء الحالة الصلبة "، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، **(1989)** .

4-الشاذلي، عبدالفتاح ،"فيزياء الجوامد"،الدار العربية للنشر والتوزيع،**(2003)** .

5. Gautreau R., Sarin W., "Modern Phyics", McGraw-Hill Companies, **(1999)** .

6. Rohlf," Superconductivity Concepts", HyperPhysics R.Nave, Georgia Stat University, **(2005)** .

7. Lynn J. W., "High Temperature Superconductivity ", Springer-Verlag , **(1990)** .

8. Omar M. A., "Elementary Solid State Physic Priciples andApplications",Addesion- Wesley, (1975) .

9. Bahoum S.A., M.Sc., Thesis University if Scince and Technology,
Jordan , December, **(2005)** .

10-Q. L. Xu, F.Foong, S. H. Liou, L. Z. Cao and Y. H. Zhang,Supercon. Sci. Technol. ,V. 10,P.218,**(1997)** .

11. A.J. Batista, M.T.D. Orlando, L. Rivero, R. Cobas, E. Altshler, physica C 383, 365-373,**(2003)** .

12. Sehilling A. , Halliger E. 'physica', V.157,P.144 ,(1989) .

13. Ali, Abdul-Kareem D., Ph.D. thesis, Mosul University, Feb. 2007.

14. Kadham A. M., Ali A. D., 'Sept. of Phys.' , No.15, P.23 , (2002) .

Effect of Partial Substitution of Ag, Sr on Structure and Electrical of High Temperature $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ Super conductor

Abdul Kareem D. Ali , Khalid H. Erzaej

(Received: 12 / 5 / 2013 ---- Accepted: 24 / 6 / 2013)

Abstract

The prepared compound $Hg_{2-x}Ag_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ high electrical conductivity at high temperatures, using the solid-state reaction methods . By Using theme of annealing in an atmosphere saturated with oxygen and different proportions of (x, y) as the value of x = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4)and (y = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4) . samples have been prepared at annealing temperature of 750C ° ,Under hydrostatic pressure 8 ton / cm^2 .Through our study of the X-ray diffraction using X-ray machine(XRD) and found that the compound of the type-Tetragonal. therefore study electric properties of compound obtained best critical temperature (T_C=142K) . Also, a scanning electronic microscope was used to study the surface structural properties, and to determine the rates of elements in the composite .