ISSN:1813 – 1662

تأثير التعويض الجزئي لـ Tl, Sr على الخصائص التركيبية والكهربائية للمركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ الفائق التوصيل الكهربائي

عبد الكريم دهش علي ، قصي خليل ابراهيم
قسم الفيزياء ، كلية التربية، جامعه تكريت ، تكريت، العراق

(تاريخ الاستلام: 15 / 12 / 2012 ---- تاريخ القبول: 30 / 4 /2013)

الملخص

تم تحضير المركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ 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 850C°. وتحت ضغط هيدروستاتيكي 0.5GPa ، 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 147Kعند نسبه التعويض (x=0.2, y=0.1) .

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) عام 1911م 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 المادة في حالة التوصيل الكهربائي الفائق تختلف كثيرا عن الحالة الاعتيادية (N.S) Normal State وذلك بسبب التغير الحاصل في سلوك الكترونات التوصيل [3] .

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

خواص المواد 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، حيث تتحول المادة من الحالة ذات التوصيل الفائق الى الحالة الاعتيادية ، وذلك 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 [6,7] .

درجة الحرارة الحرجة (T_C) Critical Temperature

عند انخفاض درجة الحرارةللى درجات منخفضة جدا 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 ويمز لها بـ (T_C) وتختلف هذه الدرجة من ماده الى اخرى[8,6] .

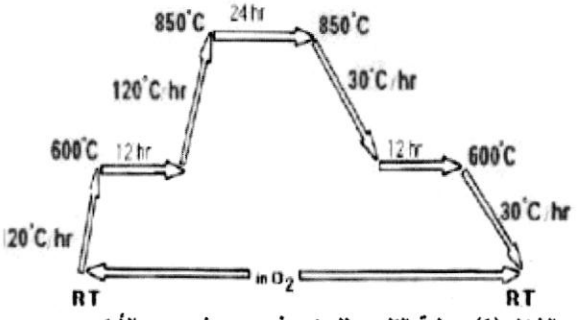
تحضير العينات

تم تحضير العينات باستخدام طريقة تفاعل الحالة الصلبة وبطريقة التلدين Annealing .

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(0.5GPa) .

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 850°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] .

ISSN:1813 – 1662



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

النتائج والمناقشة

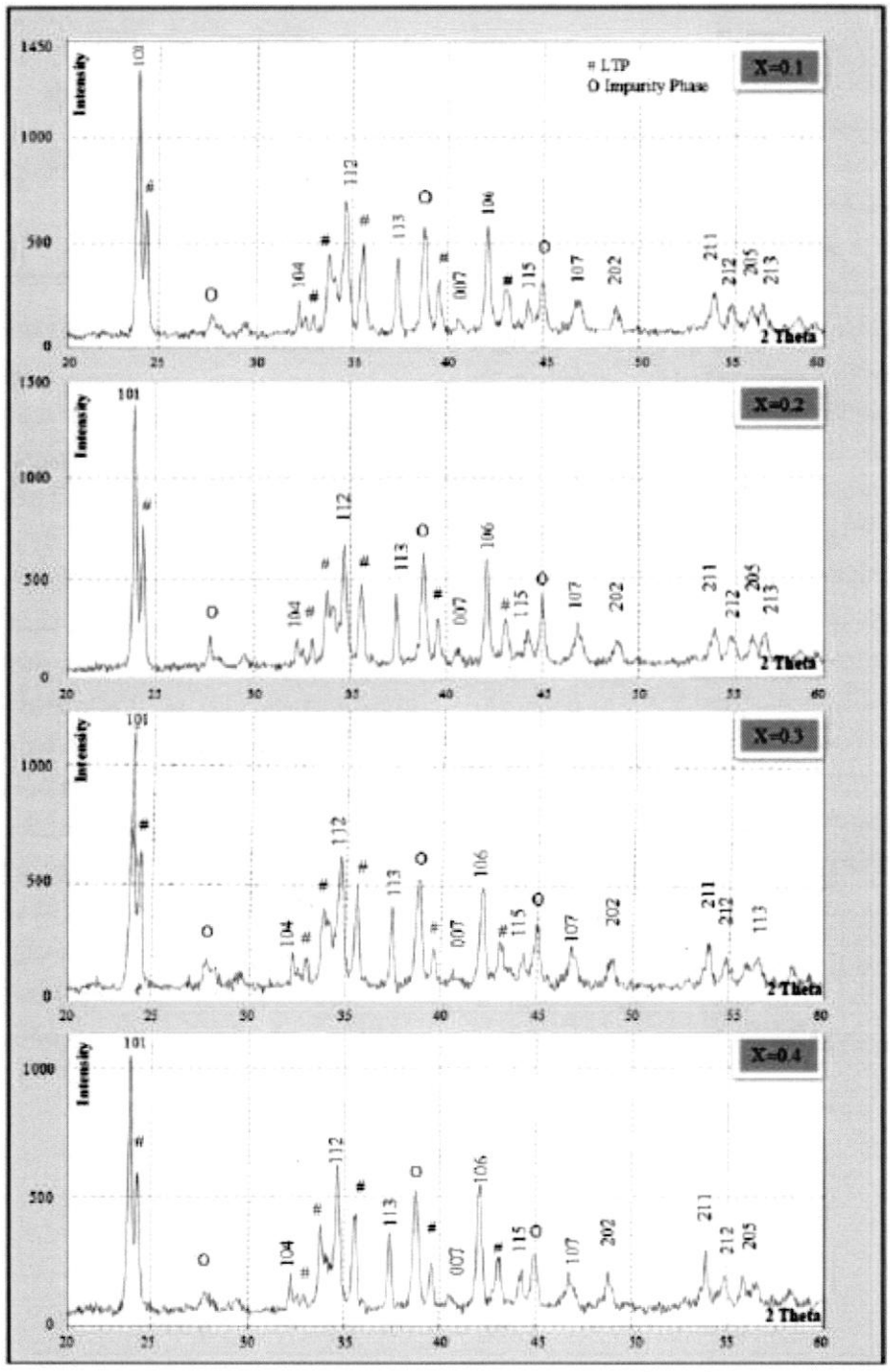
الخصائص التركيبية للمركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ الفائق التوصيل الكهربائي

عند التعويض الاني لكاتيونات الثاليوم والسترونتيوم في مواقع الزئبق والباريوم للنظام (Hg,Tl)(Ba,Sr)-1223 حيث اظهرت جميع النماذج ذات التركيب البلوري الرباعي (Tetragonal) واظهر الطور الرئيسي العالي الدرجة الحرارة الحرجة (Hg-1223) (HPT) كطور متغلب وبعض الاطوار القليلة ذو درجة حرارة حرجة منخفضة (LPT) والشوائب مثل $CuO,CaHgO_2$. وعند النسب المتغيرة لمحتوى تركيز الثاليوم 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 بعضو هذا يفسر مدى تأثير درجه الحرارة والضغط وكذلك نسبة التعويض الجزئي لعنصر الثاليوم 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, 0.4انخفضت شده القمم هذا يدل على تغير طول المحور c-. لذلك افضل نسبه تعويض جزئي عند x=0.2 .

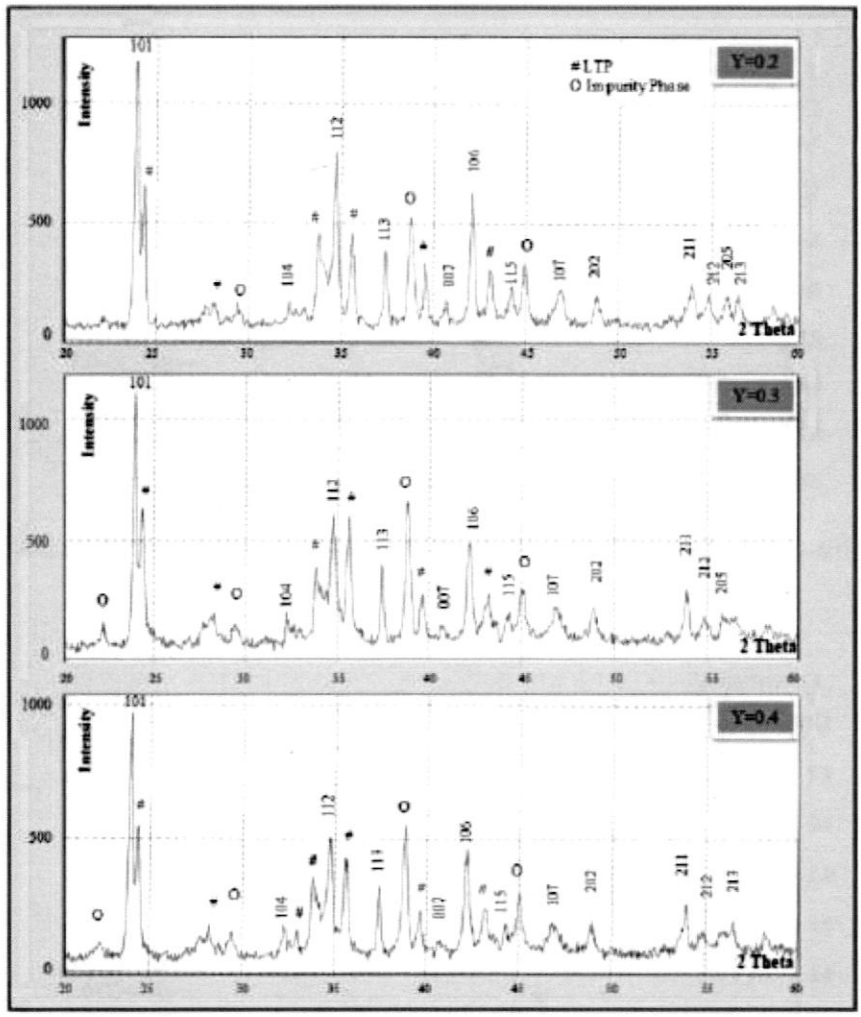
بينما أدى الى انضغاط المحور c- بزياده نسب المتغيرة التركيز للسترونتيوم للنسب الاعلى من y=0.1 التي اظهرت قمم واضحه تشير الى انها لعنصر السترونتيوم وابعاد الشبيكة عند نسبة التعويض (y=0.1)، a=b=3.877A , c=15.830A ومع زياده نسبة السترونتيوم لاحظنا انخفاض في شده القمم كما في الشكل (3) . اي ظهور تغير بسيط في التركيب البلوري و انخفاض طول المحور c– الذي يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة الحرجة مرتبط بما يسمى بالضغط الكيميائي[10] الذي يظهر بوضوح عند التعويض بـ Sr الذي لديه نصف قطر الايوني الاصغر (0.69A) من Ba (1.35A) بالرغم من أن لديهما نفس التكافؤ. حيث تنخفض المسافة بين طبقات (Cu-Hg-Cu) مع زياده المسافة بين طبقات Cu المجاورة-Cu). (Cu وهذا الانخفاض لزيادة Sr تتفق مع نتائج Batista [11] للمركب (Hg,Re) (Ba,Sr)-1223 . بينما معامل الشبيكة–a اظهر تغير 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 الانتقال. والجدول (1) يوضح ابعاد الشبيكة لمختلف نسب التعويض الاني لكل (x , y) في المركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$.

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

X	Y=0.1		Y	X=0.2	
	a(A)	c(A)		a(A)	c(A)
0.1	3.862	15.861	0.1	3.841	15.891
0.2	3.841	15.891	0.2	3.861	15.731
0.3	3.868	15.841	0.3	3.861	15.710
0.4	3.863	15.881	0.4	3.891	15.702



الشكل (2) حيود الاشعة السينية للمركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{1.9}Sr_{0.1}Ca_2Cu_3O_{\delta+8}$ عند (X=0.1, 0.2, 0.3, 0.4)



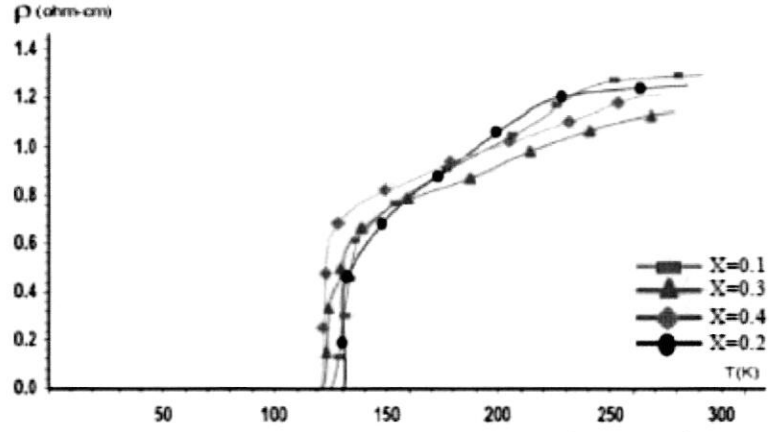
الشكل (3) حيود الاشعة السينية للمركب $Hg_{0.8}Tl_{0.2}Ba_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{\delta+8}$ عند (Y= 0.2, 0.3, 0.4)

الخصـــائص الكهربائيـــة للمركـــب $Hg_{1-x}Tl_xBa_2$. $_ySr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ الفائق التوصيل الكهربائي

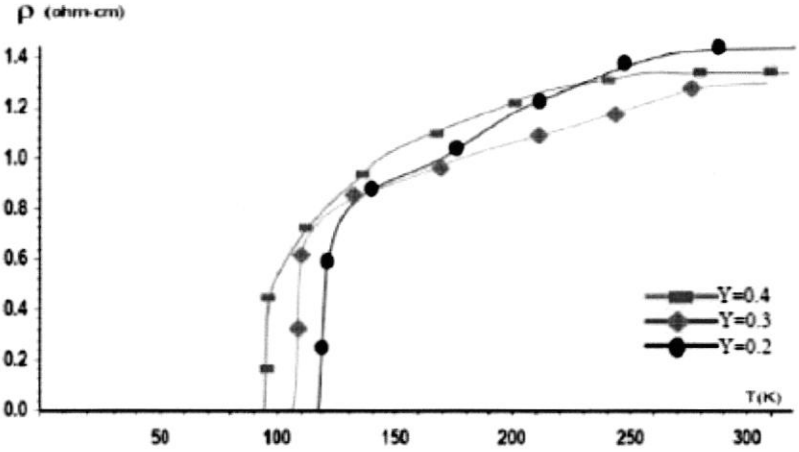
تم دراسة الخصائص الكهربائية للمركب عند التعويض الجزئي للعنصر Tl و Sr فـــي العنصـــر Hg و Ba للمركـــب $Hg_{1-x}Tl_xBa_2$. $_ySr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ وبنسب مختلفة من(x,y) وسجل اعلى درجات الحـرارة الحرجـة للنسـب المتغيـرة لـ x كانـت (T_C=147K) عنـد (x=0.2) لـ (y=0.1) وهذه الزيادة ترجع الى انتظام التركيب البلوري والاستقرار الكيميائي للمركب و زياده طول المحور -c وكذلك زياده نسبة الاوكسجين بينما ادى الى انخفاض درجه الحرارة الحرجة عند الزيادة بأعلى من هذه النسبة. بينما جميع النماذج المحضرة للنسب المتغيرة لـ $y \leq 0.2$ عند(x=0.2)كانت اعلى درجه حر اره الحرجة (T_C=130K) لنسبه التعويض y=0.2 وعند الزيادة اعلى من هذه النسبة انخفضت درجات الحرارة حرجة حيث ان انخفاض درجة الحرارة الحرجة ناتج عن انخفاض المحور -c وعن تقليل كثافة الفجوات في طبقات CuO مؤدي الى تقليل ازواج كوبر بين الطبقات الذي يحتاج الى كثافة الكترونيه عالية وفجوة طاقة ضيقة. والجدول (2) يوضح درجة الحرارة الحرجة مع نسبة الاوكسجين التعويض الاتي لنسب x و y المختلفـــة للـــــمركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{\delta+8}$. والشكل (4) يبين العلاقة بين المقاومية و T_C لنسب x المتغيرة للمركب $Hg_{1-x}Tl_xBa_{0.9}Sr_{0.1}Ca_2Cu_3O_{\delta+8}$ والشكل (5) يبين العلاقـــة بـــين المقاوميـــة و T_C لنســـبy المتغيـــرة للمركـــب $Hg_{0.8}Tl_{0.2}Ba_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{\delta+8}$.

الجدول (2) درجه الحرارة الحرجة و نسبة الاوكسجين (δ) لنسب التعـويض المختلفـة مـن x و y للمركبـات $Hg_{1-x}Tl_xBa_2$. $_ySr_yCa_2Cu_3O_{\delta+8}$

X	Y	T_C	(δ)	X	Y	T_C	(δ)
0.1	0.1	141	0.34	0.2	0.1	147	0.40
0.2		147	0.40		0.2	130	0.38
0.3		144	0.41		0.3	108	0.35
0.4		140	0.43		0.4	–	–



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



الشكل (5) العلاقة بين المقاومية و T_C لنسب y المتغيرة للمركب $Hg_{0.8}Tl_{0.2}Ba_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{\delta+8}$

الاستنتاجات

1- التعويض الانني لكل Tl و Sr في المركب $Hg_{1-x}Tl_x)(Ba_{2-}$ $_ySr_y)$-1223 أدى إلى تحسين درجة حرارة التحول وسجل اعلى الدرجات الحرارة التحول 147K عند نسب التعويض (x=0.2, y=0.1) .

2- أظهرت جميع العينات خلال فحوصات (XRD) التركيب الرباعي

المصادر

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

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

3- الشاذلي، عبد الفتاح، "فيزياء الجوامد"، الدار العربية للنشر. والتوزيع **(2003)**، .

والأطوار الثانوية المتعددة من العائلة Hg-1223 وبعض الشوائب التي لها أثر في ظهور الطور المنخفض لدرجة الحرارة (LTP) .

3- أظهرت نسبة الأوكسجين (δ) أهمية تحديد درجة حرارة التحول التي يجب أن تكون عند النسبة الامثل (ما بين التطعيم الزائد والتطعيم الأقل) للعينات ذات درجات التحول العالية .

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

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

6. Rohlf," Superconductivity Concepts", Hyper Physics R.Nave, Georgia State University, **(2005)** .

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

8. Omar M. A., "Elementary Solid State Physic Principles and Applications", Addesion- Wesley, (1975).

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)** .
9. Bahoum S.A., M.Sc., Thesis University of Scince and Technology, Jordan , December, **(2005)** .
10- Q. L. Xu, F. Foong, S. H. Liou, L. Z. Cao and Y.

Effect of Partial Substitution of Tl, Sr on Structural and Electrical properties of High Temperature $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$Superconductor

A. D. Ali , Q- k-Ibrahim
Physics department, College of Education, University of Tikret , Tikret ,Iraq

(Received: 15 / 12 / 2012 ---- Accepted: 30 / 4 / 2013)

Abstract

The high electrical conductivity compound $Hg_{1-x}Tl_xBa_{2-y}Sr_yCa_2Cu_3O_{8+\delta}$ prepared at high temperatures in solid state reaction method by Using the method of annealing in an atmosphere saturated with oxygen and different ratios 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), The samples prepared temperature of annealing 850C° under pressure hydrostatic 0.5GPa , Through our study of the X-ray diffraction found that the compound of Tetragonal type,the electric properties of compound studied and obtained best critical temperature (T_C=147K) at the rate of compensation (x=0.2, y=0.1) .