دراسة وتوصيف اتصال معدن نبيل بأغشية رقيقة فائقة التوصيل

باسم صالح عركوك

إشراف
د. محمد حافظ الفقي
د. سعيد سعد الأمير

المستخلص

تعتبر التوصيلية الفائقة في درجات الحرارة المرتفعة موضوع مهم في فيزياء الحالة الصلبة، ولا تزال الأبحاث فيها نشطة نظراً لإمكانية تطبيقها في الأجهزة الإلكترونية، وقد اجتذب هذا النوع من المواد اهتمام الباحثين في فيزياء الحالة الصلبة والهندسة والإلكترونيات. علاوة على ذلك، هناك العديد من الأسئلة لا تزال بدون إجابة حتى هذه اللحظة، فيما يتعلق بنظرية التوصيلية الفائقة.

الأغشية الرقيقة لمركب $YB_2C_3O_{7-\delta}$ لها إمكانات كبيرة في مجموعة واسعة من التطبيقات الإلكترونية، فعلى سبيل المثال تجاويف الميكروويف والمرشحات (الفلاتر) ، والبولومترات (هو جهاز لقياس قوة الإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط) ، وأجهزة الرنين المغناطيسي ، ومحددات التيار ، وأجهزة التداخل الكمي فائق التوصيل (SQUID).

في هذا العمل، تم ترسيب الأغشية فائقة التوصيل بواسطة جهاز التبخير التفاعلي الحراري والتي أعدتها مختبرات شركة THEVA المحدودة في ألمانيا حيث تبلغ سماكة الأغشية 330 نانومتر مرسبة على قاعدة الياقوت "ثالث أكسيد الألومينوم" (Al_2O_3) بشكل رقاقة دائرية تبلغ مساحتها 0.43×2" مليمتر، معزولة بمادة "ثاني أكسيد السيريوم" CeO_2 سمكها 40 نانومتر ، بين غشاء $YB_2C_3O_{7-\delta}$ وقاعدة الياقوت ، وذلك لمنع الانتشار الداخلي من الألومنيوم إلى غشاء YBCO، تبلغ درجة الحرارة الحرجة وكثافة التيار الحرجة $T_c \approx 89$ K و $J_c = 3.1\times10^6$ A/cm^2 ، (عند درجة حرارة 77 K) على التوالي. كما أن غشاء $ErB_2C_3O_{7-\delta}$ تم تصنيعه بنفس طريقة غشاء YBCO وبنفس السمك ، ولكن الاختلاف يكمن فقط في شكل ومساحة قاعدة الياقوت "ثالث أكسيد الألومينوم" (20 × 20 × 0.5 مم)، وهي رقاقة مستطيلة، كما أن درجة الحرارة الحرجة تساوي $T_c \approx 90$ K، وكثافة التيار الحرجة تساوي $J_c = 3.5\times10^6$ A/cm^2 (عند درجة حرارة 77 K).

بعد الحصول على الأغشية الرقيقة YBCOوErBCO ، قمنا بدراسة الخصائص التركيبية والكهربائية بالتفصيل من خلال جهاز المجهر الالكتروني الماسح (SEM) لتحليل السطح والمورفولوجيا ، وجهاز حيود الأشعة السينية (XRD) لتحديد الطور للمادة البلورية وتقديم معلومات عن أبعاد البلورة الأحادية . كما أجريت القياسات الكهربائية عن طريق أسلوب النقاط

الأربع (تشمل منحنى المقاومة المعتمدة على درجة الحرارة *R-T* Curve ، وخصائص الجهد والتيار I–V curve) أضف إلى ذلك، فقد قمنا بترسيب 50 نانومتر من معدن نبيل (الذهب) (على سطح نظيف من الغشاء) باستخدام تقنية التبخير الحراري (AUTO 306 Vacuum Coater, Edward) لإنشاء اتصال أوميك والحصول على أقل مقاومة للاتصال. الجزء الآخر من القياسات أجريت بواسطة أسلوب النقطتين باستخدام (3532-50 LCR HiTESTER, HIOKI) LCR-meter ، لدراسة خصائص التردد المعتمدة على العزل الكهربائي للأغشية مثل ثوابت العزل ($\varepsilon_r^{/}$ /$\varepsilon_r^{//}$) ثابت الفقد للعزل الكهربائي |tanδ| , وتوصيلية التيار المتردد (σ_{ac}) وتم التحقيق باعتبار قياسات السعة (*C*) والتوصيلية (*G*) مع اختبار التردد (*f*) في حدود 50 هرتز إلى 5 ميغا هيرتز في درجات حرارة مختلفة. وتتلخص نتائج إجراء هذه التجربة وسيتم الافادة عن دراسة مقارنة بين الأغشية الرقيقة YBCO و ErBCO.

والهدف الآخر من التجربة هو إعداد مسحوق (بودرة) $YB_2C_3O_{7-\delta}$ بواسطة عملية الترسيب المشترك Coprecipitation وهي تقنية تعتمد على إذابة العناصر في محلول وتوليد مساحيق منها. في هذه العملية وبشكل عام تترسب الكاتيونات من المحلول إما هيدروكسيدات أو الكربونات أو المجمعات العضوية، وهي أوكسالات فورمات، أو خلات وإلى آخره. كما قمنا بنجاح تصنيع بودرة YBCO 123 ثم قمنا بضغط البودرة لتشكيل حبيبة صغيرة. وتم تحقيق الخصائص التركيبية باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) وجهاز المجهر الالكتروني الماسح (SEM) ، والخصائص الكهربائية باستخدام قياسات المقاومة المعتمدة على درجات الحرارة. وأخيرا، تمت مقارنة نتائجنا إلى الأبحاث السابقة ، وتوضيح أوجه التشابه.

Study and Characterization of Noble Metal Contacts to High-T_c Superconducting Films

By

Bassim Saleh Arkook

Supervised By

Dr. Mohammed Hafez Elfeky

Dr. Saeed Saad Alameer

ABSTRACT

The high temperature superconductivity is an important topic in solid state physics and it's still active area of research due to the potential for application in electronic devices. This class of material has attracted the attention of researchers in solid state physics and electronics engineering. Moreover, there are many questions remain unanswered up to this moment related to theory of superconductivity.

$YB_2C_3O_{7-\delta}$ thin films are significant capabilities in a large variety of superconducting devices, such as microwave cavities and filters, superconducting bolometers, MRI scanners, fault current limiters, and DC and RF superconducting quantum interference devices (SQUIDs).

In this work, the high temperature superconducting films were deposited by thermal reactive co-evaporation were prepared by THEVA GmbH. The $YB_2C_3O_{7-\delta}$ films were made of 330 nm thickness deposited on 2"×0.43 mm, r-cut sapphire (Al_2O_3) circular wafer, buffered by CeO_2 of 40 nm thickness, is introduced between $YB_2C_3O_{7-\delta}$ film and sapphire substrate, to prevent interdiffusion from Aluminum (in sapphire) into YBCO film, the critical temperature and critical current density are $T_c \approx 89$ K, and $J_c = 3.1\times10^6$ A/cm^2 (at 77 K), respectively. The $ErB_2C_3O_{7-\delta}$ film was fabricated using the same method of YBCO film and same thickness, but only differ in shape of sapphire substrate (20×20×0.5 mm), which is rectangular wafer, the critical temperature is $T_c \approx 90$ K , and its critical current density is $J_c = 3.5\times10^6$ A/cm^2 (at 77 K).

After obtaining YBCO & ErBCO thin films, we studied the structural and electrical characteristics in detail by employing scanning electron microscope (SEM) to analyze the surface and morphology, and x-ray diffraction (XRD) is used for provide information on unit cell dimensions. The electrical measurements were performed by *four-point probe method* (include resistivity dependence on temperature or *R-T* Curve, and *current–voltage characteristic* or *I–V* curve), additionally, 50 nm of noble metal (gold, Au) were deposited ex-situ (on clean surface of film) using thermal evaporation technique (AUTO 306 Vacuum Coater, Edward) to make good contact with the superconductor thin film and obtain low-resistance contact. The other part of measurements were performed by *two-point probe method* using LCR-meter (HIOKI 3532-50 LCR HiTESTER) to examine the frequency dependent dielectric properties of superconductor films such as dielectric constants $(\varepsilon_r^{/} / \varepsilon_r^{//})$, loss tangent $|tan\delta|$, and AC-conductivity (σ_{ac}) and it have been investigated in terms of capacitance (C) and conductance (G) of HTS films with frequency (f) in the range of 50 KHz to 5 MHz at different temperatures. The results for this experiment procedure are summarized and comparative study between YBCO & ErBCO thin films will be reported.

The next aim of our experimental investigation is preparation of $YB_2C_3O_{7-\delta}$ powders by *Coprecipitation process* as solution-based technique i.e. solution used to produce powders. In this technique, from solutions the cations are generally precipitated either as hydroxides or carbonates, oxalate formate, acetate, etc. we have successfully fabricated YBCO (123) powder and then we compressed to make sample pellet. Its structural characteristic was examined using x-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM), and DC electrical characteristic were performed by using temperature dependent of resistance measurements. Finally, our results were compared to literature and explained similarities.