

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر
بطريقة التريذ بالقصف الأيونني

لينا بهنام ياقو

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التريذ بالقصف الأيونني

لينا بهنام ياقو

جامعة ديالى - كلية التربية الأساسية

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تحويل المركب النانوي الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك المحضر بطريقة التريذ بالقصف الأيونني بتركيز مختلفة قبل حد العتبة من الحالة العشوائية الى الحالة البلورية حيث وجد تناقص المقاومة الكهربائية كلما تبلورت ذرات المركب وصولاً الى درجة التبلور. اذ أظهرت نتائج فحص (EPMA) (Electron Probe Micro-Analysis) للمركبات المحضرة ان نسبة مادة Ni في مادة $Pb(Zr_{0.53}Ti_{0.47})O_3$ تتراوح بين (3%-47%) ، وبينت نتائج المجهر الإلكتروني النافذ ان المركبات المحضرة ذات احجام نانوية ، اما نتائج الفحوصات التركيبية X-Ray (XRD) diffraction فقد اظهرت ان المركبات المحضرة ذات تبلور عشوائي لمادة PZT ومتعدد التبلور لمادتي النيكل وقواعد السليكون وان متوسط الحجم الذري لمادة النيكل كانت بحدود (7.25nm).

الكلمات المفتاحية: التبلور ، الفيرومغناطيسي ، مركب (فيرو – بيزو)

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر
بطريقة التريذ بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو

Effect of Crystallization on the Electrical Resistance of the Nano Composite (Ferromagnetic-Piezoelectric) prepared by Ion-Beam Sputtering

Lena B. Yaqo

University of diyala- College of Basic Education

g.zoher@mail.ru

Received: 4 March 2017 Accepted: 4 May 2017

Abstract

In this research study nanogranular composites ferromagnetic-piezoelectric were prepared by the ion-beam sputtering for different concentrations below the percolation threshold conversion from amorphous to the crystalline where it found a decrease of electrical resistance whenever crystallized compound atoms down to the degree of crystallization. The measurement of Electron Probe Micro-Analysis (EPMA) for Compounds showed that the ratio of (Ni) in $Pb(Zr_{0.53}Ti_{0.47})O_3$ (PZT) is about (2%-59%). Results of Transmission electron microscopy (TEM) showed that the compounds have nanostructure size. X-Ray diffraction (XRD) analysis showed that the Compounds prepared have amorphous structure for PZT and polycrystalline for Ni and Si substrates and average grain size for Ni is about (7.25nm).

Keywords: crystallization, Ferromagnetic, composite (ferro – piezo)

المقدمة

ان تيتانيت زركونيت الرصاص (PZT) الاكثر استعمالا من بين المواد البيزوكهربائية لما تمتلكه من قيم عالية لمعامل بيزوكهربائية الشحني (Piezoelectric Coefficient Charge) ومعامل الاقتران الكهروميكانيكي (Electromechanical Coupling Coefficient) وثابت العزل الكهربائي (Dielectric Constant) ، ومن ابرز استخدامات تقنية النانو في مجال الفيزياء تحضير المركبات المغناطيسية والعوازل الكهربائية والموصلات فائقة التوصيل.

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيرو الكترنك) المحضر بطريقة التريذ بالقصف الأيوني

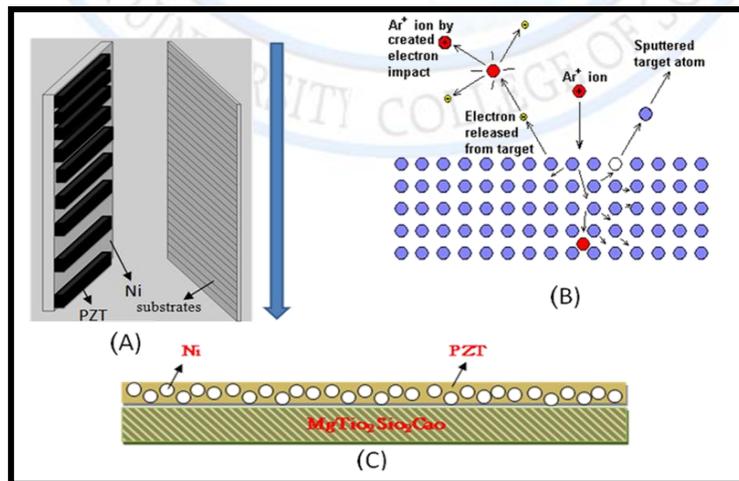
لينا بهنام ياقو

ان مصفوفة من الاحجام النانوية لذرات مادة مغناطيسية موزعة عشوائيا في مادة عازلة موضوع البحث ذات تطبيقات كبيرة جدا [1] ومن ثم دراسة بعض خصائصها الفيزيائية وتحسين قدرات المركب على امتصاص الموجات والاشعاعات الكهرومغناطيسية ضمن الترددات اللاسلكية والموجات الدقيقة ومدى التحكم بتوصيلتها الكهربائية . اما بالنسبة للمواد البيروكهربائية او ما يسمى المواد الانضغاطية او الكهرو اجهادية هي مواد تقوم بتحويل الجهد الميكانيكي الى كهربائي وبالعكس . ومن ابرز استخدامات مركبات الفيرومغناطيسية – بيرو الكترنك كمتحسسات في اجهزة الاستشعار المجال المغناطيسي [2,3]، ومحولات الفولتية [2]، ومخففات الموجات الدقيقة [4]، و اجهزة الذاكرة الكهرومغناطيسية [5] وغيرها وتهدف الدراسة الحالية الى تحسين الخائص الكهربائية للمركب المحضر من خلال تحويله من الحالة العشوائية الى الحالة البلورية .

المواد والعمل التجريبي

1. تحضير العينات

تم في هذا البحث ترسيب اغشية رقيقة لمركب $Ni(x)-PZT(1-x)$ بحجم نانوي بطريقة التريذ بالقصف الأيوني (Ion-beam sputtering) تحت ضغط $(6.2 \times 10^{-4} Pa)$ لغاز الأركون . على قواعد سيراميكية $(MgTiO_2SiO_2CaO)$ بأبعاد $(10mm \times 2 mm \times d \mu m)$ ، اذ تم وضع الواجه الأهداف الـ PZT و Ni كما موضح بالشكل (1A)، ويتبين ان هناك تقارب في المسافات بين الواجه PZT من الأعلى وتباعده من الأسفل الغاية منها الحصول على تراكيز بشكل تدريجي لكلا المادتين ويقابلها اللوحة التي تحمل القواعد المراد ترسيب الأغشية عليها، اما الشكل (1B) يوضح عملية القصف الأيوني وكيفية انتزاع ذرات مادة الهدف لترسيبها على القواعد المختلفة، اما الشكل (1C) فيوضح الحصيلا النهائية الا وهي 67 و بنسبة تطعيم 3% - 47% للمركب النانوي المحضر $Ni(x)-PZT(1-x)$.



الشكل (1) مراحل ترسيب الأغشية النانوية لمركب $Ni(x)-PZT(1-x)$ بطريقة التريذ بالقصف الأيوني

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو

2. الفحوصات المستخدمة

تم فحص العينات المحضرة بواسطة منظومة التحليل الإلكتروني الدقيق (Electron Probe Micro-Analysis) JXA-8200 من خلال التقاط صور بواسطة الأشعة السينية لمعرفة تراكيز المواد المكونة في العينات وكما مبين في الشكل (3) الذي يوضح العلاقة بين نسبة تركيز مادة النيكل وعدد المركبات المحضرة Ni(x)-PZT(1-x). كما وتم فحص العينات بواسطة المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) Libra 120 لاجاد صورة للتركيب الداخلي للعينات وحساب حجم الذرات وكما موضح في الشكل (4).

وبأستخدام تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) Bruker D2 Phaser تم تشخيص العينات المحضرة والتعرف على طبيعة تبلورها وذلك بالاعتماد على قانون براك [6] (Bragg's Law) ،

$$2\delta\sigma\iota\nu\theta = \nu\lambda\text{.....(1)}$$

اذ ان :

δ : المسافة بين المستويات ، θ : زاوية براك ν : ثابت λ : الطول الموجي

كما وتم حساب حجم ذرات المركب المحضر بأستخدام معادلة شيرر (Scherrer) [7]،

$$D = \frac{k\lambda}{B\cos\theta}\text{.....(2)}$$

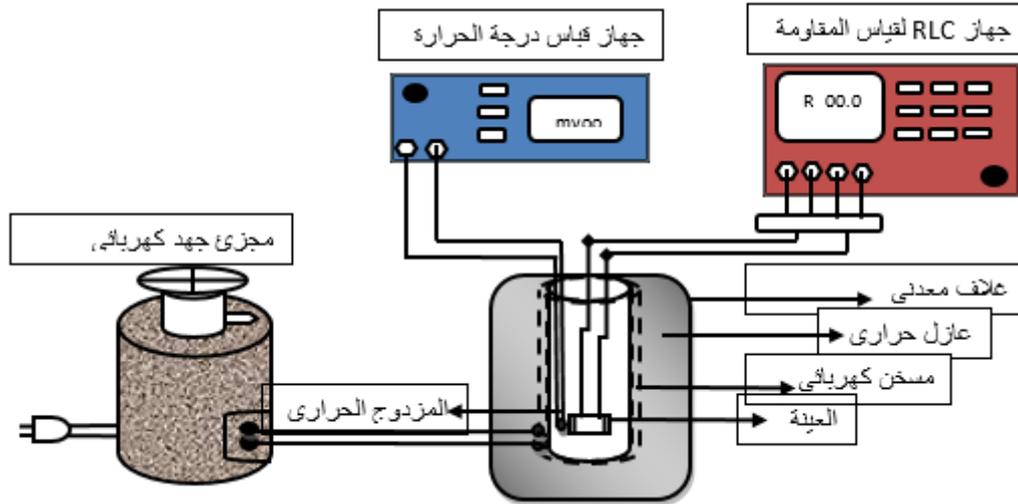
اذ ان :

$k=0.9$: ثابت شيرر و B : اقصى عرض لمنتصف القمة لشدة الحيود (rad)

تم قياس المقاومة الكهربائية المستمرة (DC) للعينات بواسطة الاومتر الرقمي (DIGITAL OMMETER) في درجة حرارة الغرفة وذلك لتحديد حد العتبة أو ما يسمى بعتبة الترشيح . وتم قياس المقاومة الكهربائية المتناوبة (AC) بدلالة درجة الحرارة بأستخدام منظومة القياس كما موضح في الشكل (2).

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

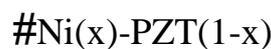
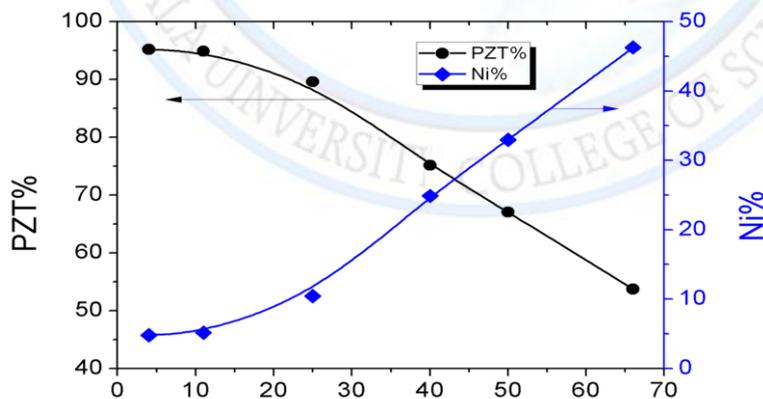
لينا بهنام ياقو



الشكل (2) مخطط منظومة المقاومة المتناوبة بدلالة درجة الحرارة

النتائج والمناقشة

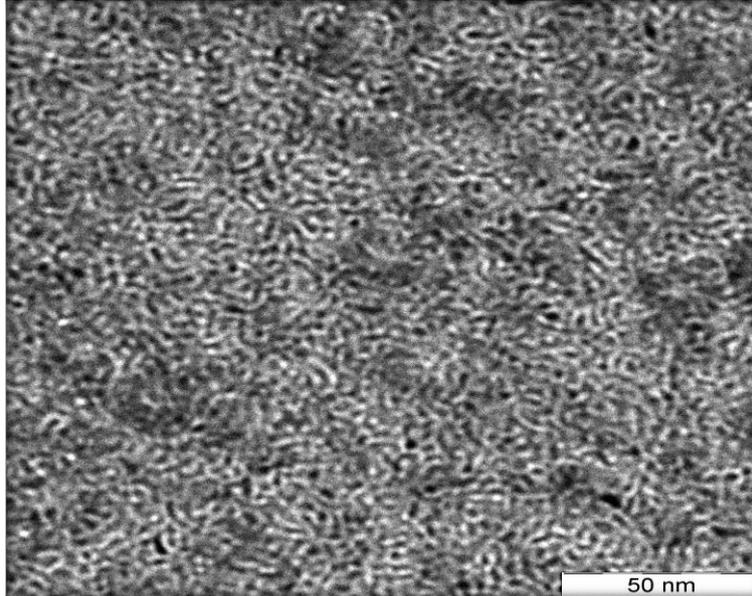
أظهرت نتائج فحص (EPMA) للمركبات المحضرة ان نسبة مادة Ni في مادة PZT تتراوح بين 3% - 47% x وكما مبين في الشكل (3). كما وأظهرت نتائج المجهر الالكتروني النافذ ان المركبات المحضرة ذات احجام نانوية ومن خلال الشكل (4) للمركب 0.3Ni – 0.7PZT والموضحة باللون الأبيض موزعة عشوائيا في مصفوفة الـ PZT باللون الاسود.



الشكل (3) العلاقة بين نسبة تركيز مادة الـ Ni وعدد المركبات المحضرة Ni(x)-PZT(1-x)

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو

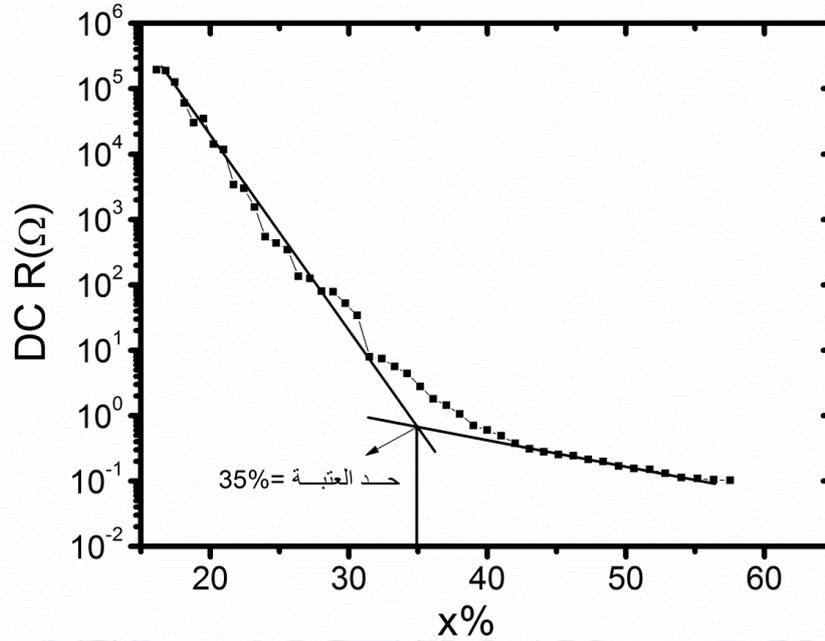


الشكل (4) صورة المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) للمركب 0.3Ni-0.7PZT

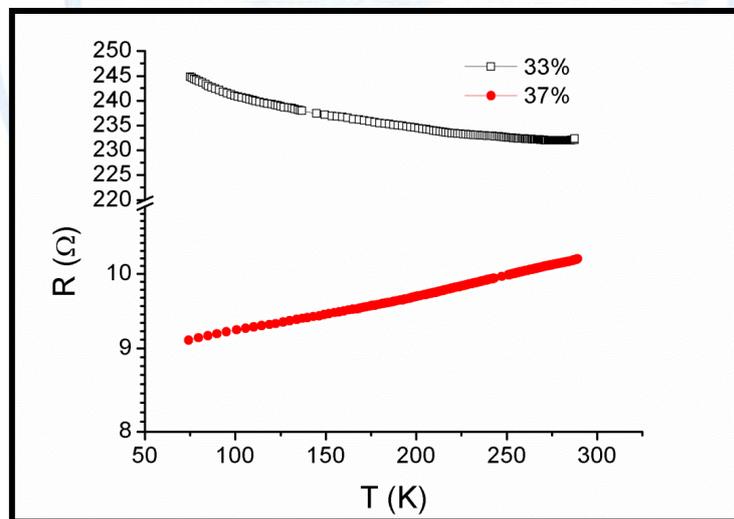
الشكل (5) يبين العلاقة بين المقاومة الكهربائية المستمرة وتركيز مادة الـ Ni ومن خلال هذه العلاقة تم ايجاد حد العتبة للمركبات المحضرة وهي [8,9] $x=35\%$ والشكل (6) يوضح تغير المقاومة الكهربائية مع تركيز مادة النيكل بدلالة تغير درجة الحرارة وما يثبت ذلك تصرف المركبات المحضرة كالمواد العازلة واشباه الموصلات اي تتناقص قيمة المقاومة اسياً بدلالة درجة الحرارة الى حد العتبة وبعدها تتصرف كالموصلات حيث نلاحظ تزايد قيمة المقاومة خطياً بدلالة درجة الحرارة [10,11]. اما نتائج الفحوصات التركيبية XRD الموضحة بالشكل (7) تبين ان المركبات المحضرة ذات تبلور عشوائي لمادة الـ PZT ومتعدد التبلور لمادتي النيكل وقواعد السليكون كما وتم حساب متوسط الحجم لمادة النيكل باستخدام المعادلة رقم (2) وكانت $D = 7.25\text{nm}$ مما يدل ان المركبات نانوية. أظهرت نتائج قياس المقاومة المتناوبة بدلالة درجة الحرارة الموضحة بالأشكال (8-11) ان درجة حرارة التبلور تساوي 609K and 685,648,613 للمركبات المحضرة بتركيز مادة النيكل $X=3,13,23,33\%$ على التوالي حيث (تمثل X تركيز مادة النيكل) اي ان المركبات التي ذات التركيز الواطي لمادة النيكل تحتاج درجة حرارة اعلى لتصل الى حالة التبلور ويتناقص درجة حرارة التبلور عند اعلى تركيز قبل حد العتبة [9,11,12].

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي - بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو



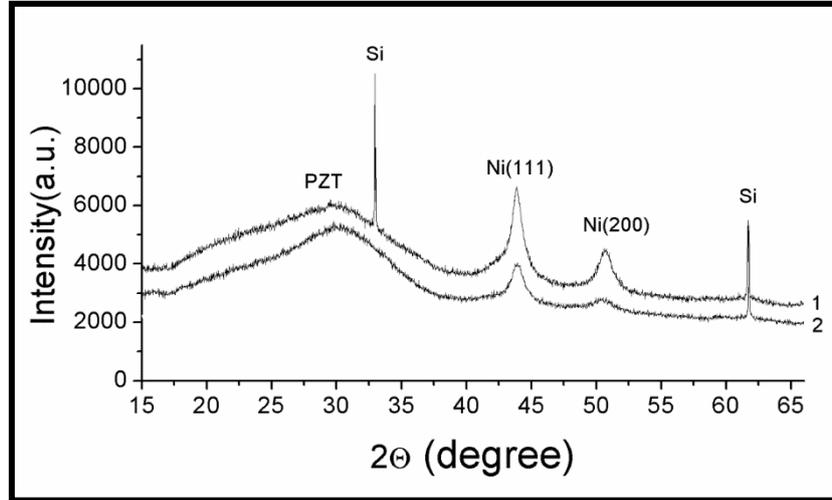
الشكل (5) العلاقة بين المقاومة الكهربائية المستمرة ونسبة تركيز الـ Ni في المركبات المحضرة



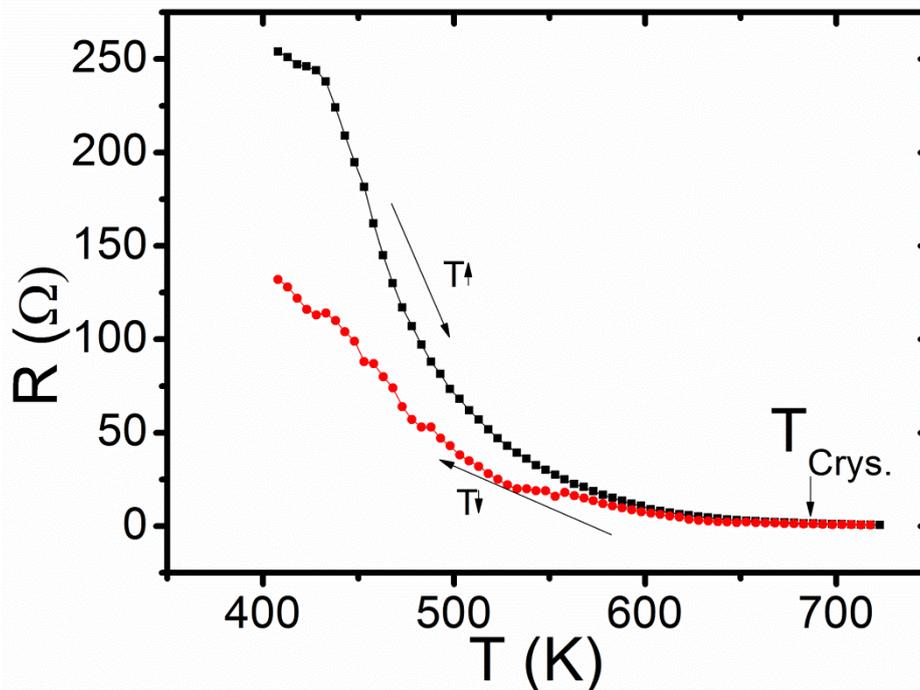
الشكل (6) اعلافة بين المقاومة الكهربائية المستمرة ودرجة الحرارة لتركيزين مختلفين لـ Ni قبل وبعد حد العتبة

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي - بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو



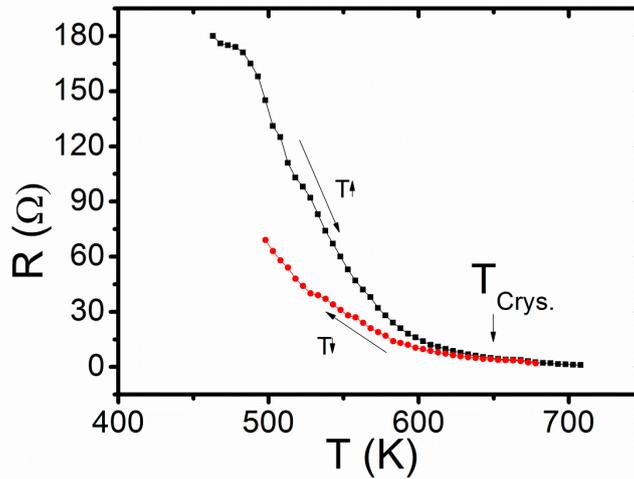
الشكل (7) مخطط حيود الأشعة السينية للمركبات (1) Ni 30% و (2) Ni 20% المرسبة على قواعد سيليكونية ذات اتجاهية [100].



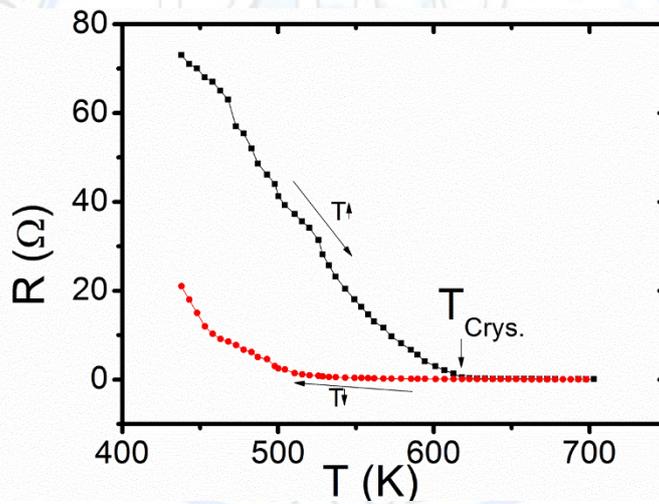
الشكل (8) العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة للمركب PZT-97%Ni-3% تبين درجة حرارة التبلور 685K

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي - بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو



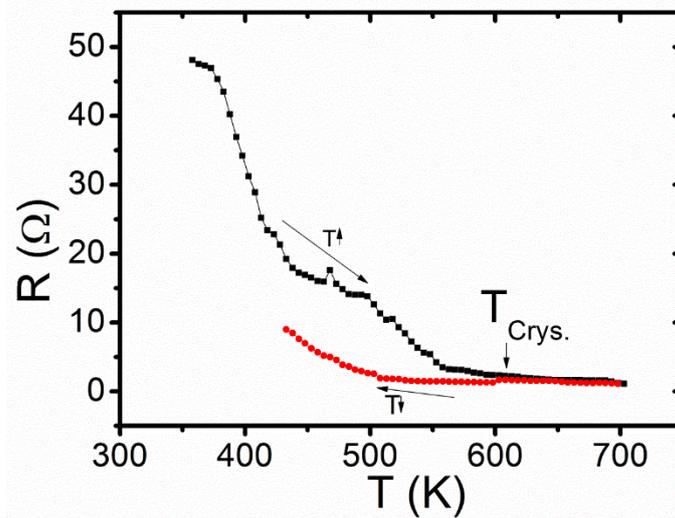
الشكل (9) العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة للمركب 13%Ni-87%PZT تبين درجة حرارة التبلور 648K



الشكل (10) العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة للمركب 23%Ni-77%PZT تبين درجة حرارة التبلور 613K

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر بطريقة التريذ بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو



الشكل(11) العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة للمركب 67%PZT-33%Ni تبيين درجة حرارة التبلور 609K

الاستنتاجات

في هذا البحث تم التوصل الى الاستنتاجات الآتية:

1. تم الحصول على مركبات $Ni(x)-PZT(1-x)$ نانوية بطريقة التريذ بالقصف الأيوني بتركيز لمادة النيكل يتراوح بين $x = 3\% - 47\%$
2. متوسط الحجم الذري النانوي يتراوح بين $(2-7.25)nm$
3. حد العتبة للمركبات المحضرة $x=35\%$
4. تم تحويل المركبات من الحالة العشوائية الى الحالة متعددة التبلور قبل حد العتبة وحدد درجة حرارة التبلور (609, 613, 648, 685)K للمركبات المحضرة بتركيز مادة النيكل $x=3,13,23,33\%$ على التوالي.

تأثير التبلور على المقاومة الكهربائية للمركب النانوي (الفيرومغناطيسي – بيزو الكترنك) المحضر
بطريقة التبريد بالقصف الأيوني

لينا بهنام ياقو

المصادر

1. Hirohata and K. Takanashi, Future perspectives for spintronic devices, J. Phys. D, Appl. Phys. 47,193001 (2014).
2. Yu. K. Fetisov, Magnetolectric effect in multilayer ferromagnetic-piezoelectric structures and its application in electronics, Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 71 (11),1626 (2007).
3. I. M. Krykanov, A. B. Koplik, Yu. K. Fetisov, and D. V. Chashin, Tech., Permanent magnetic field sensor based on a piezoelectric ring, Phys. Lett. 36 (9), 838 (2010).
4. O. V. Antonenkov and D. A. Filippov, Electric-field-controlled magnetolectric microwave attenuator, Tech. Phys. Lett. 33 (9), 752 (2007).
5. M. Bibes and A. Barthelemy, Multiferroics: Towards a magnetolectric memory, Nat. Mater. 7, 425 (2008).
6. يحيى نوري الجمال، "فيزياء الحالة الصلبة، دار الحكمة للطباعة والنشر، 1990.
7. R. E. Dinnebier and S. J. L. Billinge, Powder Diffraction: Theory and Practice (RSC Publishing, Cambridge, 2008).
8. Gridnev S.A., Kalinin Yuri, Sitnikov AV, OV Stogney Nonlinear phenomena in nano- and micro-heterogeneous systems. M.: Binom. Knowledge Laboratory, (2012) - p. 352 .
9. AG Gorshkov, SA Gridnev Thin film nanocomposites magnetolectric "ferromagnetic-ferroelectric"- Alternative Energy and Ecology. (2011). № 9. S. 76-82.
10. Gridnev. S.A., Phsics polar dielectrics, Voronezh , 2004.
11. T.V. Popova, and G.I. Hering, Condensed matter physics, 2008
12. Gridnev S.A., Kalinin Yur.i., Sitnikov A.V., Stogney O.V. nelineynye phenomena in nano and micro-heterogeneous systems, (2012)