تغير التأثير الكهرومغناطيسي مع المجال المغناطيسي المسلط لمركبات كهربائية الاجهاد – مغناطيسية الا جهاد

معمر عبد العزيز كامل

جامعة تكريت / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضيرالمواد الكهرومغناطيسية المتكونه من نوع ((x), Ni0.5Zn0.5 Fe2O4 [NZFO] + (1-x) PLZT)والتي تتغير فيها قيمة التركيز (x) كما يلي(0, 0.15, 0.30, 0.45, 1) قد حظرت بطريقة تفاعلات الحالة الصلبة . وقد تبين من نتائج حيود الاشعة السينية ظهور نوعين من الاطوار حيث ظهر طور منفرد عند قيم (x = 0,1) وطور ثنائي عند قيم (x= 0.15,0.35,0.45). تم دراسة التركيب المجهري للنماذج بتقنية ماسح المجهر الالكتروني.تم كذلك دراسة تغير ثابت العزل الكهربائي (') كدالة للتردد عند المدى(100Hz5 MHz –) . تم حساب ثابت معامل الفولتيه للمجال المغناطيسي(ME) كدالة للمجال المغناطيسي(H) الثابت المسلط أوقد فسر التأثير الكهرومغناطيسي على اساس محتويات طور المركبات المغناطيسية الاجهاد. لوحظ ايضا ان اعلى معامل تحويل للمجال المغناطيسي بلغ (5.45 mV /cm.Oe) للمركب (15٪ PLZT + 85٪ NZFO).

الكلمات المفتاحيه: – التاثير الكهرومغناطيسي ، مركبات الاجهاد الكهربائي . فحص الاشعة السينية ، تفاعلات الحالة الصلبة.

Variation of Electromagnetic effect with applied magnetic field for piezomagnetic – piezoelectric composites

Muaamar.a.Kamil

University of Tikrit College of Education for Pure Science Department of Physics

Abstract

In this paper electromagnetic materials those are composed from ((x), Ni0.5Zn0.5 Fe2O4 [NZFO] + (1-x) PLZT) type in which the value of (x) is constantly changing as follows (0, 0.15, 0.30 .0.45 and 1)and have been prepared by solid state reaction .It is seen from the X-ray diffraction results that,their are types of phases in which the first single phase appears in value of (x = 0 and 1) and the second phase appears in value of(x =0.15 ,0.30 and 0.45. While the microscopic structure has been preformed by electronic microscope scaning. The variation of the dialectic constant (') as function of the frequency at the rang (100 Hz to 5 MHz) has also been studied in this research. The static electromagnetic voltage coefficient(EM) has been calculated as a function of applied direct magnetic field (H) the electromagnetic effect has been explaind on the basis of the contents of piezomagnetic, phase we have observed that maximum ME conversion factor is (5.45 mV/cm.Oe) for (15% NZFO + 85% PLZT) composite.

Key word:- Electromagnetic effect, piezoelectric composites, XRD,, solid states reaction.

المقدمة

ان المركبات القابلة للتمغنط والتي تحتوي على مواد لها القابلية على الاستجابة للمجالين الكهربائي والمغناطيسي يمكن ان تستخدم في تطبيقات خزن البيانات والمعلومات الاستقطاب والحزم الموجية. مولد الموجات البرمية...الخ [2-1]. وهذا ممكن ان يكون دافعا للبحث المركز حول ايجاد مادة في طور الاستعداد لعملية التمغنط تحت تأثير قوة المجال الكهربائية[3].ان تحديد مزيج مناسب من مواد ذات طور عازل كهربائي ومواد ذات طور مغناطيسي لتحقيق تاثير المجال الكهرو مغناطيسي صعب جدا بسبب :

1 - fe rite phase) تمتلك معامل اجهاد مغناطيسي (p - ezomagnetic coefficient) عالي و مقاوميتها يجب ان تكون مقاربة للمواد العازلة للكهربائية (fe - roelectric).

2 - piezoma netic coefficient) للمواد العازله للكهربائية (ferroelectric) يجب ان يكون عالي والمقاومية يجب ان تساوي (1012 4)[Ω-cm].

3 - ان ميكانيكية الاقتران بين المواد العازله للكهربائية (ferroelectric) وطور الفرايت (fe - rite phase) يجب ان تكون مثالية جدا [5].

ولهذه الاسباب قد اعتمدت التركيب التالي Ni(Co,Mn)Fe2O4 –BaTiO3), (CoFe2O4 – Ba-TiO3) , (NiFe2O4 – BaTiO3) , (NiFe2O4 – (Pb0.93La0.07(Zr0.60Ti0.40)O3 اضافة للمركب Ni,Co)Fe2O4 – [0.67 Pb(Mg1/3Nb2/3)O3- 0.33)) [PbTiO3],)[6].

ولذالك قد اعتمد في هذا البحث على التراكيب الاتية (PLZT) , (NZFO) و((x) NZFO + (1-x) PLZT) حيث قيمة (x=0.15 ,0.30 ,0.45) في حالة تقنية تفاعلات الحالة الصلبة.

ان مجمل خواص المركبات التي لها القابلية على التأثر بالمجالات الكهرومغناطيسية كخواص العزلية الكهربائية مثلا ممكن ان تكون منتظمة وقابلة للفهم من حيث ميكانيكية التنظيم والتشكيل في المركب.كما ان الخواص المغناطيسية والكهربائية قد درست مع تغير الطورالاحادي والطور الثنائي عند قيم(x = 0 ,0.15 ,0.30 ,0.45 and 1)[5].

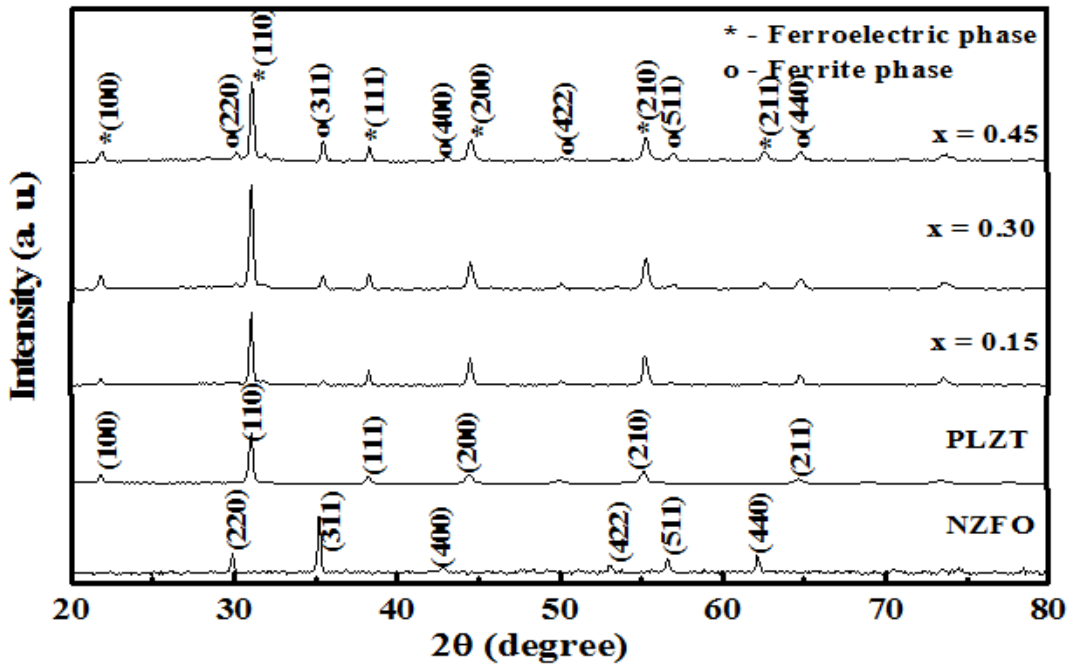
الجزء العملي:

تم تحضير (NZFO) من خلال استخدام طريقة تفاعلات الحالة الصلبة .وقد استخدمت المركبات (NiO,, ZnO and, Fe2O3) كمكونات اولية للنماذج المحضرت. ان هذه الاوكسيدات خلطة وطحنت لمدة ثلاث ساعات ثم بعد ذلك وضعت عند درجة حرارة (900 oC) لمدة(12) ساعة كتسخين اولي ثم لمدة نصف ساعة لتجانس المركبات ثم وضعت عند درجة حرارة (1200 oC).اما تحضير (PLZT) فقد استخدمة المواد الاولية (PbO, La2O3, ZrO2 ,TiO2) سخنت عند درجة حرارة (1200 oC) لمدة (12)

ساعة.ان المواد الاولية المستخدمة صنفت حسب الاوكسيد في كل مادة وكانت. هذه الاوكسيدات طحنت بواسطة مطحنة الكرات السيراميكية ولمدة(3) ساعات وبعدها سخنت لدرجة حرارة (800 oC) لمدة (4)ساعات .واخيرا لدنت هذه المواد في درجة حرارة (1100 oC) لمدة (12). ان طور(NZFO) وطور (PLZT) قد حدد باستخدام تقنية حيود الاشعة السينية (XRD) .ان المواد الملدنة بعد خلطها قد تم طحنها لمدة(4-3) ساعات باستخدام مطحنة الكرات السيراميكية وبنسب معينة (15 ٪ ٪30 ٪ و٪45 من طور NZFO و٪55 ٪70 ٪ و٪85 من طور PLZT بالترتيب). تم بعد ذلك تم كبس النماذج باستخدام مكبس هيدروليكي خاص بسمك (2 mm) وبقطر (10 mm) . واخيرا تم تلدين النماذج بدرجة حرارة (1150 oC) لمدة (10) ساعات وبردت تدريجيا وببطئ داخل حجرة الفرن . ان التركيب للمواد الاولية المستخدمه وهي في حالة كونها مسحوق تم فحصها باستخدام تقنية حيود الاشعة السينية(XRD) حسب نموذج (model, Bruker D8, Advance) .ان معامل الفولتيه للمجال الكهرومغناطيسي (dE/) (dc, ME) (dH)H تم حسابه باستخدام Keithley, Electrom-eter (Model, 6514) في المجال المغناطيسي الثابت مستخدمين نفس نظام العمل والترتيب .ان النتائج التي حصلنا عليها تقريبا مشابهة للنتائج التي حصل عليها الباحث [6] مع اختلاف طرق التحضير.

النتائج والمناقشه:

الشكل (1) يبين لنا فحص حيود الاشعة السينية (XRD) التركيب الاولي للمواد الاحادية الطور مثل(NZFO,, PLZT) والمركبات التي لاتحتوي على قيمة(0.30, x = 0.15 و0.45) .ان المركبات ذات قيم (0.30, x=0.15 و0.45) صنفت الى مجاميع (B,A و C) على الترتيب . كل قمم الحيود في فحص الاشعة السينية للمواد (NZFO و PLZT) قد فسرت ورتبت حسب بيانات (JCPDS) لمركب Ni-ferrite (Zn)) و PLZT (7/60/40), بطاقة رقم(234-8 و 0504-46) والتي بينت ان الترتيب البلوري للنماذج NZFO على تركيب مكعب مزدوج (a cubic spinel structure) اما عينات PLZT فهي ذات تركيب بيروفسكايت رباعي (tetragonal, perovskite structure) . لاتوجد في قمم حيود الاشعة السينية أي قمه غير مصنفت تشير الى غياب أي طور من الاطوار حتى بعد عمليت التلبيد للمركبات في درجة حرارة(1150 oC). ان فحص حيود الاشعة السينية بين انه شدة القمم الظاهرة تزداد للمركب(NZFO) بزيادة نسبة تركيز مركب (NZFO) في العينات المنتجه.وهذه النتيجة متفقة مع نتيجة الباحث [7] .ان معامل الشبيكة للطور النقي للمركب (NZFO) (a = 4.0815 Å,, c = 4.0845 Å, and c/a = 1.0007).

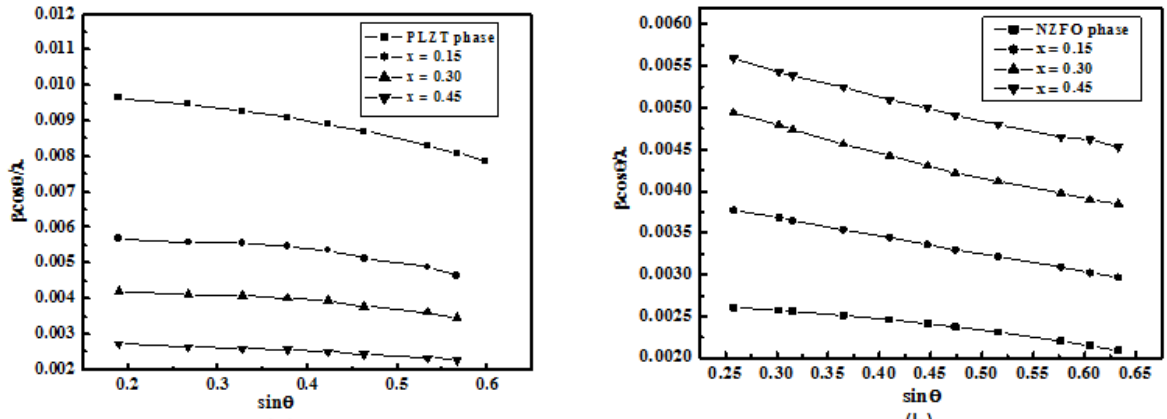


الشكل .١: يمثل حيود الاشعة السينية لطور(NZFO) النقي وطور(PLZT)ومركباتها

ان اجهاد الشبيكة و معدل الحجم البلوري يمكن قياسهما باستخدام معادلة [8] (Hall equation).

$$\frac{\beta\cos\theta}{\lambda} = \frac{1}{\varepsilon} + \frac{\eta\sin\theta}{\lambda} \qquad (1)$$

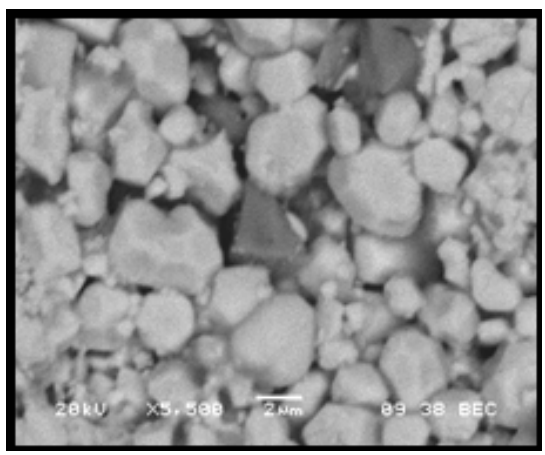
حيث ε= الحجم الحبيبي الفعال (effective crystallite size). η= الاجهاد الفعال (effective strain). β = العرض الكامل في منتصف الحد الاعلى (FWHM) لقمم الحيود (full width at half maximum). λ = الطول الموجي للاشعة السينية (X-ray wavelength). θ = زاوية براك للحيود (Bragg diffraction angle). من خلال النتائج نلاحظ ان منحني (βcosθ/λ) يتغير مقابل (sinθ) تقريبا بشكل خطي وهذا ما نلاحظه في الشكل (a,b) ٢.ان حجم التبلور المؤثر والجهد تم حسابهما من استخدام معادلة الخط المستقيم : $y = \eta x + 1/\varepsilon$ ان معدل الميل لهذه الخطوط يمثل الجهد بينما نقاط التقاطع مع المحور (y) تمثل حجم التبلور الفعال. ان الميل السالب يشير الى وجود اجهاد ضغطي فعال في الشبيكة البلورية لاطوار (NZFO و PLZT) .



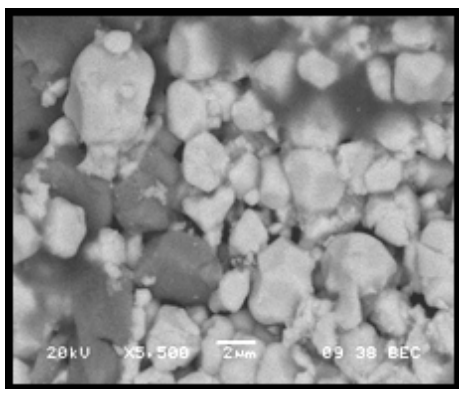
(a) (b)

الشكل .٢: يمثل البنية التركيبية تعتمد على جهد الشبيكة (a) طور PLZT (b) طور NZFO الموجودة في مركبات EM

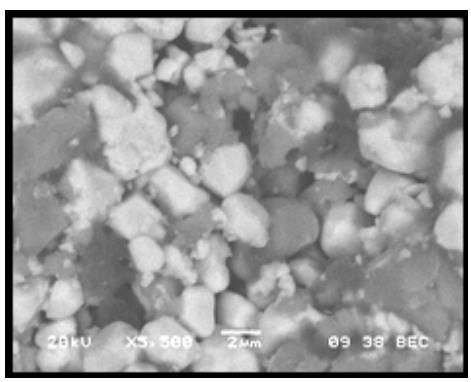
ان فحص جهاز الماسح الالكتروني (SEM) للبنية البلورية للمركبات جميعها موضح في الشكل (3(a– c اذ تبين الصور مراحل الاختلاف بين الاطوارلمركب (NZFO, وPLZT). اذ تمثل المناطق الفاتحة اللون مركب (PLZT) والمناطق الغامقة اللون مركب (NZFO) كما توضح بان طوري (NZFO, و PLZT) قد مزجا بصورة عشوائية [9] .



(a)



(b)

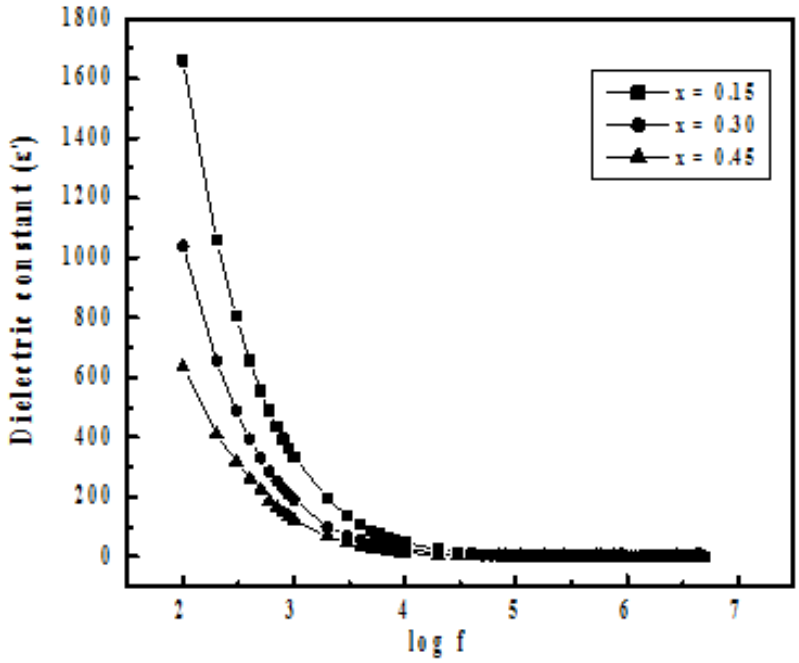


(c)

الشكل.3 (a,b,c) صور الماسح الالكتروني (SEM) للمركبات (x) NZFO + (1-x) PLZT

(a) x =0.15, (b) x =0.30, (c) x =0.45

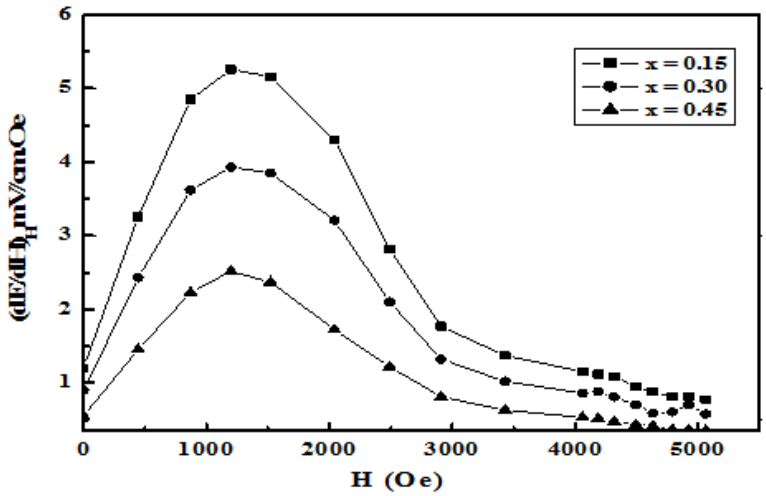
الشكل (4) يوضح التغير في ثابت العزل كدالة للتردد وللمركبات جميعهاعند درجة حرارة الغرفة .ان من الملاحظ ان ثابت العزل يقل تدريجيا مع زيادة التردد حيث ان التشتت واضح مع الترددات الواطئة ولهذا السبب نحصل على حد الاشباع في الترددات العالية .ان جميع المركبات اظهرت حالة التشتت بسبب وجود نوع من انواع الاستقطاب الظاهري حسب (Maxwell–Wagner) اذ يتوافق مع نظرية الظواهر المغناطيسية للعالم (10] (Koops].ان القمم الظاهرة في الترددات الواطئة ينسب لاختلاف انواع الاستقطاب (الكتروني،ذري،بيني،ايوني،....الخ).ان اعظم قيمة لثابت العزل ظهرت لدينا في الترددات الواطئة وهذا يفسر على اساس تغير مواقع الاستقطاب بسبب عدم تناسق تركيب العازل .ان عدم التناسق ظهر في العينات بسبب(الشوائب،الفجوات،ترتيب الدقائق) [11] . اما في الترددات العالية يبقى ثابت العزل غير معتمد على التردد بسبب عجز المزدوج الالكتروني عن التوافق مع المجال الكهربائي الناتج من التيار المتناوب [12].



الشكل (٤) يوضح التغير في ثابت العزل('□) مع التردد للمركبات ذات قيمة (x = ٠.١٥ ، ٠.٣٠ و ٠.٤٥)

اما الشكل (5) يوضح ان قيم المجال المغناطيسي تعتمد على قيمة معامل ثابت الفولتيه (dE /dH) وهي متشابهة في كل المركبات المدروسة في هذا البحث .ان الاستنتاجات التي حصلنا عليه من هذا الشكل تبين معامل الفولتيه للمجال المغناطيسي يزداد مع زيادة المجال المغناطيسي .اذ تبين انه حصل لدينا حالة من الاشباع بحدود حوالي (1200 Oe) في النموذج($Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$).وفي النماذج جميعها اعلى مجال مغناطيسي حصلنا عليه

ايضا بحدود (1200 Oe) وان المجال الثابت يدلل على حدوث طور المغناطيسية.وهذا ينتج عنه مجال كهربائي ثابت في طور المادة القابلة للتمغنط (piezoelectric phase) و بالتالي يجعل قيمة(dE /dH) تقل بزيادة المجال المغناطيسي[13].من ذلك نستنتج حصول حالة الاشباع المغناطيسي والتي تؤدي الى استجابة تلك المواد للمجالات المغناطيسية الضعيفة[15-16].



الشكل (5) يمثل التغير في ثابت الفولتيه للمجال المغناطيسي(EM) مع المجال المغناطيسي المسلط للمركبات ((x NZFO +(1-x) PLZT

الاستنتاجات

ان المركبات الحالية حضرت بتقنية تفاعلات الحاله للصلبه وتبين انها تمتلك فقط طورالفيرايت (fe – rite phase) NZFO وطور (ferroelectric phase) لايوجد معهما اي شوائب او تداخل في الاطوار.ولحساب الاجهاد فقد استخدمت معادلة (Hall equation) والتي اظهرت الميل السالب لكلا الطورين في مركبات الكهرومغناطيسية (ME) والتي بدورها تؤكد وجود اجهاد الشد .ان ثابت العزل مع التردد اظهر خاصية التشتت للاستقطاب في جميع المركبات. ان تغيير نسبة (NZFO) يؤدي الى تغيير ثابت العزل وهذا كان واضحا. ان اعلى قيمة لثابت المجال الكهرومغناطيسي(ME) بلغ (5.45 / mV cm.Oe) وهذه القيمة ظهرت في المركب (15٪ NZFO, + 85% PLZT).

المصادر

[1] J. P. Rivera, H. Schmid, J. Appl phys, 70(1991) 6410.

[2] K. Zhao, K. Chen, Y. R. Dai, J. G. Wan and J. S. Zhu, J. Appl. Phys. Lett.,87 (2005)

162901 .

[3] Broutman and Krock "Modern Composite Materials" (Addison Wiesley Publishing Company, California, London), (1967).

[4] D. Arif Sheikh and V. L. Mathe, Smart Mater. Struct, 18 (2009) 065014.

[5] K. K. Patankar, V. L. Mathe, A. N. Patil, S. A. Patil, S. D. Lotke, Y. D. Kolekar and P. B. Joshi, Journal of Electroceramics, 6 (2001) 115.

[6] C. M. Kanamadi, L. B. Pujari and B. K. Chougule, J. Magn. Mater. 295 (2005) 139.

[7] K. K. Patankar, P. D. Dombale, V. L. Mathe, S. A. Patil and R. N. Patil, Mater. Sci. Engg. B 8 (2001) 53.

[8] H. Gene Haertling, J. Am. Ceram. Soc., 82 (1999) 797.

[9] B. Vishwanathan and V. R. K. Murty, Ferrite Materials: Sciience and Technology, Narosa Publishing House, Mumbai (1990).

[10] C. G. Koops Phys.Rev. 83(1951) 121.

[11] M. Kiyotake, W. Manfred, J. Appl. Phys. Let., 81((2002) 100.

[12] C. W. Nan, N. Cai, L. Liu, J. Zhai, Y. Ye, Y. Lin, J. Appl. Phys., 94(2003) 5930.

[13] J. Van Den Boomgaard, A. M. J. G. Van Run and J. Van Suchtelen, Ferroelectrics, 10 (1976) 295.

[14] Abdul Samee Fawzi, A. D. Sheikh, V. L. Mathe, Solid State Sci. (2009) In press.

[15] E. W. Gorter, Philips Res. Rept. 9 (1954) 321.

[16] Jing-So, K. K. Sickafus and J. M. Wills, J. Am. Ceram. Soc. 82 (1999) 3279.