

دراسة الخصائص الكهربائية لفرايت Co Zn المطعم بتركيز مختلفة من Ni عند ترددات مختلفة.

الدكتور بدر الأعرج *

الدكتور سمير غالية**

علاء زرطيط***

(تاريخ الإيداع 26 / 4 / 2015. قُبل للنشر في 30 / 6 / 2015)

□ ملخص □

يتضمن هذا العمل دراسة عينات فرايت كوبالت زنك المطعم بتركيز مختلفة من النيكل حيث حُضرت العينات بالطريقة السيراميكية التقليدية ، وتحققنا من كون العينات لها تركيب السبينيل المكعبي المميز للفرايت وذلك بأخذ طيف انعراج الأشعة السينية ، ثم تمت دراسة بعض الخواص الكهربائية مثل المقاومة النوعية ،الناقلية الكهربائية ، ثابت العزل ومعامل الفقد. بالإضافة إلى دراسة تغيراتها بدلالة درجة الحرارة وذلك عند ترددات مختلفة ضمن المجال $(10^5 - 20)$ Hz .

الكلمات المفتاحية : فرايت - Co Zn ، معامل الفقد، المقاومة النوعية ، ثابت العزل، السبينيل، الناقلية الكهربائية .

*أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

***طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Study the electrical properties of Co Zn - ferrites doped by Ni at different frequencies.

Dr. Badr Al Araj*
Dr. Samir Ghaliye **
Alaa Zartit***

(Received 26 / 4 / 2015. Accepted 30 / 6 / 2015)

□ ABSTRACT □

This work includes study of Co Zn-ferrite samples doped by Ni which prepared by Ceramic method. Then verified that it had spinel structure by using XRD. In addition we study properties such as electrical resistivity , electrical conductivity , dielectric constant and loss coefficient. And also we have studied variations of this properties in terms of temperature at different frequencies in the range of (20 -10⁵) Hz.

Keywords: Co Zn-ferrite, loss coefficient , resistivity, dielectric constant, spinel , conductivity.

*Professor, Department of physics, Faculty of sciences, Tishreen university, Syria.

**Professor, Department of physics, Faculty of sciences, Tishreen university, Syria.

***Postgraduate Student, Department of physics, Faculty of sciences, Tishreen university, Syria.

مقدمة :

مصطلح الفريت " Ferrite " جاء من الكلمة اللاتينية للحديد وله معانٍ مختلفة مثل الحديد النقي وأكسيد الحديد المغناطيسي الأسود وتركيب الفريت مشتق من سبيل فلز $Mg Al_2 O_4$ ذو البنية المكعبية الشكل الذي وضعه العالم براغ وتكتب الصيغة العامة للفريت $M Fe_2 O_4$ حيث M تمثل معدن ثنائي التكافؤ مثل (Zn, Mg, Ni, Co) [1]. تبدي المركبات الفريتية صفات مغناطيسية جيدة في درجات حرارة أقل من درجة الحرارة الحرجة T_C و تتمتع هذه المركبات بسهولة ولها مقاومة نوعية عالية.

ويعود أصل المغناطيسية للمواد بشكل أسلسي إلى كل من الحركة المدارية والمغزلية للإلكترونات [2]، حيث يرتبط العزم المغناطيسي (μ) والعزم الحركي (L) بالعلاقة :

$$\mu/L = e/2m \quad (1)$$

حيث تسمى هذه القيمة بالنسبة الجير ومغناطيسية.

وتعد بنية السبيل المكعبة متمركزة الوجوه FCC أبسط بنية للفريت حيث تتكون بنية السبيل FCC من اثني وثلاثين أيون أو كسجين والتي يوجد فيها نوعان من المواقع المتداخلة:

المواقع الرباعية A (tetrahedral sites)

والمواقع الثمانية B (octahedral sites)

إن خواص الفريت الطبيعية يتحكم فيها توزيع الحديد والأيونات الثنائية بين المواقع الرباعية الترتيب والثمانية الترتيب، وهذا التوزيع يعطى بالصيغة الآتية :



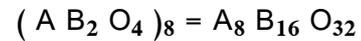
حيث الأيونات التي بداخل الأقواس تعبر عن مواقع الثمانية الترتيب B والأيونات خارج الأقواس تعبر عن مواقع رباعية الترتيب A [3].

• عندما $x=1$ يسمى الفريت من النوع العادي مثل $Zn Fe_2 O_4$.

• وعندما $x=0$ يسمى الفريت المعكوس مثل $Ni Fe_2 O_4$.

• أما عندما $0 < x < 1$ يسمى فريت مختلط وهو مثل معظم الفريت.

أ- الفريت العادي : تشكل الكاتيونات A ثمن المواقع الرباعية وكاتيونات النوع B نصف المواقع الثمانية في وحدة الخلية ولها الصيغة :



ب- الفريت المعكوس : تتوزع الكاتيونات B في هذه البنية بالتساوي بين المواقع الثمانية والمواقع الرباعية بحيث تأخذ الصيغة :



ج- الفريت المختلط : وفيه يكون أيون المعدن مع الحديد موزعين بطريقة عشوائية بين المواقع الرباعية والثمانية ويمكننا معرفة هذا التوزيع للأيونات بواسطة حيود الأشعة السينية أو حيود النيوترونات.

أسس في دراسة الخواص الكهربائية :

تعلل الناقلية في الفريت بواسطة نظرية القفز الإلكتروني حيث تعطى الحركية الجرية للإلكترونات بالعلاقة [4] :

$$\mu_d = (e d^2 v / k T) \exp (-E/kT) \quad (2)$$

حيث:

μ_d : حركية الإلكترونات. d : المسافة بين الكاثيودات.

v : تردد اهتزاز الشبكة البلورية. k : ثابت بولتزمان.

T : درجة الحرارة المطلقة. E : طاقة التنشيط.

حيث توصف آلية التوصيل:

بنموذج Verwey و نموذج Polaron .

الخواص العازلية :

ثابت العازلية الكهربائية :

وجد عند تطبيق حقل كهربائي بترددات مختلفة على الفرايت فإن سلوكها الكهربائي يكافئ دائرة كهربائية مكونة من مكثفة سعته C ومقاومة أومية R موصولة على التفرع ، حيث تعطى سعة المكثفة الكهربائية للعينة بالعلاقة [5]:

$$C = \varepsilon A/d \quad (3)$$

حيث d : سماكة العينة .

A : مساحة المقطع.

ε : العازلية الكهربائية.

وجد أن العازلية تكون عادة مقداراً عقدياً [6] عند تطبيق حقل متردد وتكتب بالعلاقة:

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon' - i \varepsilon'' = \varepsilon' - i \sigma/\omega \quad (4)$$

حيث ε' : الجزء الحقيقي.

ε'' : الجزء التخيلي.

ω : التردد الزاوي للحقل الكهربائي.

σ : الناقلية الكهربائية .

$i = \sqrt{-1}$: العدد التخيلي .

أهمية البحث وأهدافه :

هذا البحث يدرس الخصائص الكهربائية للفرايت الحاوي على الزنك والكوبالت والذي له أهمية كبيرة في صناعة أجهزة التوتر العالي مثل وشائع الترددات الراديوية ونوى المحولات وقضبان الهوائيات والمحركات الكهربائية والمولدات. وللفرايت أهمية كبيرة جداً في الصناعات مثل صناعة أشربة الفيديو والكاسيت التي تطلى بمادة الفرايت لتسجيل الإشارة [7]، وأيضاً في صناعة ذواكر تخزين البيانات في الحواسيب وفي أجهزة الهاتف المحمول وكاميرات الفيديو والسواقات المرنة والصلبة وفي تغليف الأجهزة الإلكترونية والكابلات الكهربائية لحجب الحقل المغناطيسي بسبب النفاذية العالية للفرايت [8].

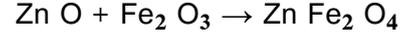
طرائق البحث ومواده:

تم تحضير العينات بالطريقة السيراميكية في جمهورية مصر العربية وتمت الدراسات الكهربائية في مخابر كلية العلوم ومخابر هيئة البحوث البحرية بجامعة تشرين حيث تم استخدام فرن لتسخين العينات ودراسة تأثير درجة الحرارة

على بعض الخصائص الكهربائية واستخدام جهاز LCR لقياس المقاومات وسعة المكثفات وجهاز مولد إشارة جيبية ورسم اهتزاز إلكتروني.

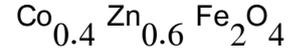
تحضير العينات (Preparation of the samples) :

استخدمت أكاسيد نقية جداً بنسبة % 99.99 من مكونات العينة بالنسب الوزنية المطلوبة [9] حيث تخلط الأكاسيد فنحصل على فرايت الزنك المطلوب $Zn Fe_2 O_4$ وفق المعادلة :

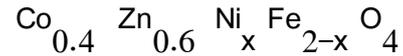


حيث نضع المسحوق في وعاء ونضيف إليه الماء المقطر لزيادة عملية التجانس ونضعه على السخان لمدة 3-4 ساعات وبواسطة دوران المغناطيس الموجود في الوعاء نحصل على المزج والتجانس في المسحوق ، وبطريقة مشابهة نحصل على فرايت الكوبالت $Co Fe_2 O_4$.

ثم نضع العينة في فرن التحميص تحت درجة حرارة $1000\text{ }^\circ\text{C}$ لمدة 5 ساعات وتترك حتى تبرد داخل الفرن، نقوم بطحن المسحوقين ووضعهما في الخلاط مع الماء المقطر لتحسين المزج ثم نجفف المسحوق في الفرن فنحصل على المركب الأساسي للفرايت :



ثم نخلط النسب المختلفة من النيكل للحصول على المركبات المطلوبة دراستها .



حيث : $x = (0.0 , 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 , 1.0)$

تخلط الأكاسيد بالماء المقطر ثم تجفف في الفرن فننتخلص بذلك من الشوائب غير المرغوب فيها ثم نقوم بضغط الخليط على شكل أقراص بقطر لا يتجاوز 1cm بواسطة مكبس ضغطه 10 ton/cm^2 ، ثم توضع الأقراص في فرن حراري عند الدرجة $1200\text{ }^\circ\text{C}$ لعدة ساعات ثم يطفأ الفرن وتترك الأقراص داخله لتبرد بشكل تدريجي إلى درجة حرارة الغرفة.

وفي المرحلة الأخيرة تصقل الأقراص لجعل سطحها أملس وتطلى بطبقة من الفضة لكي تتوزع الناقلية الكهربائية على كامل سطح العينة [10] .

النتائج والمناقشة :

دراسة تغيرات المقاومة الكهربائية النوعية كتابع لدرجة الحرارة :

لقياس المقاومة الكهربائية تطلى العينة بطبقة الفضة ونضعها ضمن خلية وفرن حراري بسيط ونستخدم لقياس المقاومة الكهربائية R جهاز LCR وتحسب المقاومة النوعية من العلاقة :

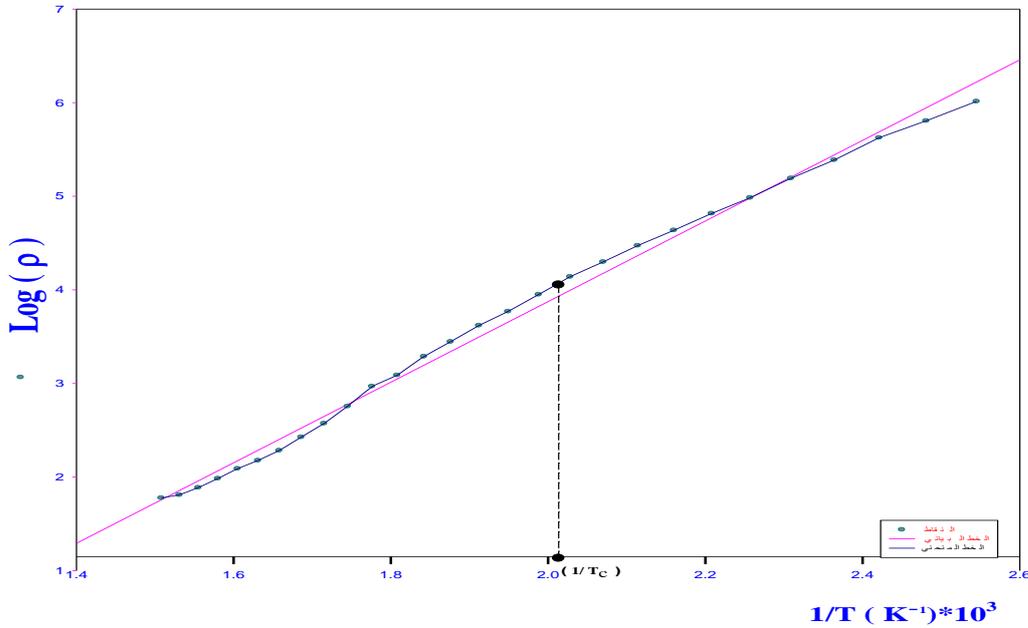
$$\rho = R A / d \quad (5)$$

تعطى المقاومة النوعية بتابعية درجة الحرارة بالعلاقة [11] :

$$\rho = \rho_0 \exp(E/kT) \quad (6)$$

حيث ρ_0 : المقاومة النوعية في الدرجة $^\circ\text{K}$ (0)

وبأخذ لوغاريتم الطرفين ويرسم تغيرات لوغاريتم (ρ) بتابعة ($10^3/T$) ، وبأخذ القياسات ورسم الخط البياني وجدنا أن الخط البياني ينقسم إلى ثلاثة أطوار ويمكن حساب طاقة التنشيط لكل طور من ميل المستقيم الناتج كما هو موضح بالشكل (1):



الشكل(1): يوضح تغيرات لوغاريتم (ρ) بتابعة ($10^3/T$)

ونلاحظ من الخط البياني أن المادة انتقلت من الحالة الفيرومغناطيسية إلى الحالة الطردية المغنطة عند درجة حرارة كوري T_c .

إن معادلة المستقيم الذي يمثل المادة في الحالة الفيرومغناطيسية هو:

$$y = 3.699 X - 3.362$$

ومعادلة المستقيم الذي يمثل المادة في الحالة الطردية المغنطة هو:

$$y = 4.786 X - 5.568$$

بإيجاد نقطة التقاطع لهذين المستقيمين نحدد درجة حرارة كوري T_c

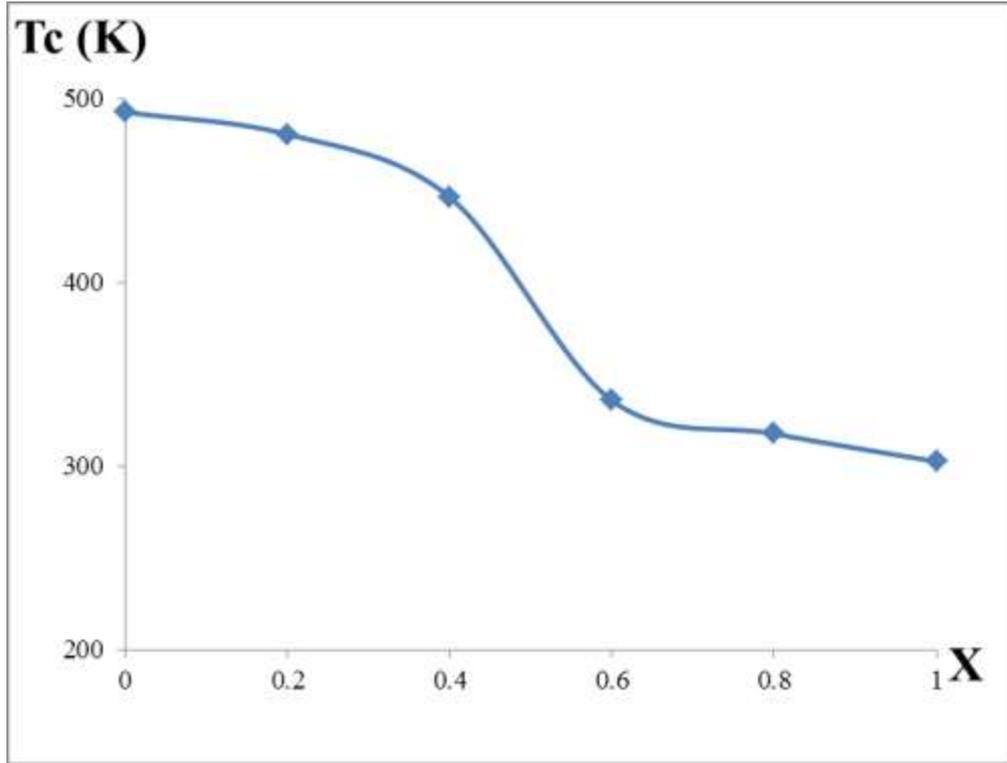
$$T_c = 492.85 \text{ K}$$

حيث:

وهي الدرجة التي تتحول عندها المادة من حالة الفيرومغناطيسية ferromagnetic إلى الحالة الطردية paramagnetic.

من خلال دراسة العينات وجدنا أن درجة الحرارة الحرجة T_c تتناقص بزيادة نسبة الإشابة في العينات كما هو

موضح بالشكل (2):



الشكل (2): يوضح تغيرات درجة الحرارة الحرجة T_c بدلالة نسبة الإشابة

حيث نلاحظ من الشكل (2) أن درجة الحرارة الحرجة T_c تتناقص بازدياد نسبة الإشابة في العينة وهذا يتفق مع العديد من الدراسات السابقة [12].

دراسة تغيرات العازلية ومعامل الفقد عند ترددات مختلفة للحقل المطبق:

يقاس ثابت العزل ϵ' وعامل الفقد $\tan\delta$ للعينة عند ترددات تتراوح ضمن المجال $(20 - 10^5)$ Hz حيث نقوم بقياس المكثفة التي تمثلها العينة الموضوعة بين قطبين موصلين من النحاس بواسطة جهاز LCR والتي تعطى بالعلاقة [13]:

$$C = \epsilon' \epsilon_0 A/d \quad (7)$$

حيث إن :

C : السعة المقاسة للعينة بـ pF

d : سماكة العينة بـ cm

A : سطح المقطع العرضي للعينة بـ cm^2

ويقاس عامل الفقد بالعلاقة :

$$\tan \delta = I_R/I_C = 1/(\omega C R) = \epsilon''/\epsilon' \quad (8)$$

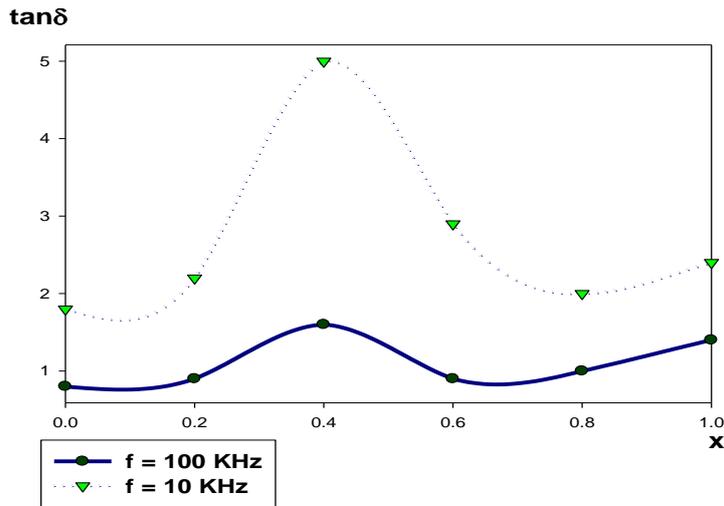
حيث:

I_C : التيار المار في المكثفة. ϵ' : الجزء الحقيقي.

I_R : التيار المار في المقاومة. ϵ'' : الجزء التخيلي.

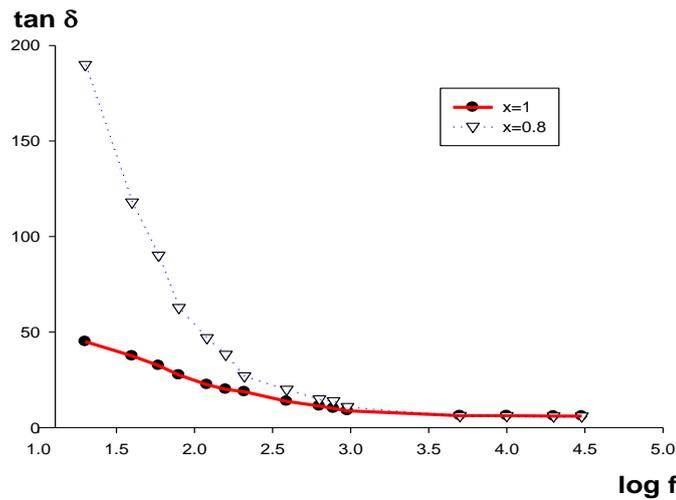
لوحظ تجريبياً أن العازلية الكهربائية للعينات المدروسة تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة. وهناك تشابه بين آلية النقل الكهربائي وآلية الاستقطاب، حيث لوحظ انزياح حاملات الشحنة الكهربائية بفعل المجال الكهربائي ذي الترددات المختلفة المطبق على العينات، وسبب ذلك يعود إلى أن اتجاه القفز الإلكتروني بين أيونات الحديد الثنائية والثلاثية يتم ترتيبه باتجاه المجال الكهربائي حيث تزداد إزاحته باتجاه المجال مع زيادة درجة الحرارة وهذا يؤدي إلى زيادة الاستقطاب وبالتالي زيادة قيمة ثابت العزل.

يوضح الشكل (3) تغيرات معامل الفقد بدلالة نسبة الإشابة عند ترددات مختلفة و الشكل(4) يوضح تغيرات معامل الفقد بدلالة لوغاريتم التردد .



الشكل(3): تغيرات معامل الفقد بدلالة نسبة الإشابة عند ترددات مختلفة

نلاحظ من الشكل (3) أن معامل الفقد يزداد بزيادة نسبة الإشابة ويأخذ قيمة عظمى عند النسبة 0.4 ثم يبدأ بالتناقص بعدها.



الشكل(4): تغيرات معامل الفقد بدلالة لوغاريتم التردد عند درجة حرارة الغرفة .

حيث الشكل (4) يوضح أن معامل الفقد يتناقص بزيادة التردد و عند ترددات منخفضة يكون معامل الفقد أعظمي والفرايت يسلك سلوك عازل جيد.

الاستنتاجات والتوصيات:

تمت دراسة بعض الخواص الكهربائية والمغناطيسية مثل المقاومة النوعية والناقلية النوعية ومعامل الفقد في العزل عند ترددات مختلفة وعند درجات حرارة مختلفة حيث توصلنا إلى الاستنتاجات الآتية:

- 1-الناقلية في العينات تتم بواسطة الناقلية بالقفز للالكترونات .
- 2-درجة الحرارة الحرجة T_c تنقص بزيادة نسبة الإشابة في العينات.
- 3-تقل المقاومة النوعية بارتفاع درجة الحرارة .
- 4-العازلية الكهربائية للعينات المدروسة تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة.
- 5-وجدنا أن ثابت العزل يقل مع زيادة التردد.
- 6-وجدنا أن ثابت العزل يزداد بزيادة نسبة النيكل في العينات ليصل إلى قيمة عظمى عند النسبة (0.4) ثم يقل بعد ذلك بزيادة نسبة الإشابة.

ويمكننا متابعة هذه الدراسة لعينات مختلفة لمعرفة تأثير الإشابة على العينات وإيجاد المادة المناسبة للإشابة نظراً للتطبيقات العملية الكثيرة لهذا النوع من الفرايت وذلك في صناعة أجهزة التوتر العالي مثل نوى المحولات وقضبان الهوائيات والمحركات الكهربائية والمولدات.

المراجع :

- [1] WULFSBERG,G. *Modern Ferrite technology, crystal structure of ferrites* 2002, p52-69.
- [2] SATTAR, A. A.; ELSAYED, H. M. ; ELSHOKROFY, K. M. *Improvement of the magnetic properties of Mn-Ni-Zn ferrite by the non magnetic Al^{+3} ion substitution.* Ain Shams university Egypt journal of Applied sciences 5 , 2005,p120-131.
- [3] AHMED, M. A.; TAWFIK, A. *physical and electrical properties of Ni Al* . Journal of material science letters, Tanta university 1991,p250-300.
- [4] GUL, I. H. ; AHMED, W. ; MAQSOOD, A. *Electrical and magnetic characterization of nanocrystalline Ni-Zn ferrite synthesis by co-precipitation route* . Journal of Magnetism and Magnetic Materials 320,2008, 270 – 275.
- [5] SACHLARI, L. ; REZLESCU, E. ; REZLESCU, N. *Influence of Pb O on properties of Mg Cu Zn ferrites.* phys.stat. Apolonia university . Romania 2000,p140-149.
- [6] VIJAYA, K. ; Kumar, D. *Electrical transport properties of erbium substituted Ni-Zn ferrites.* International Journal of Inorganic Materials. Volume 3, Issue 7, November 2001, Pages 661-666.
- [7] EL-SAYED, A.M. *Electrical conductivity of nickel-zinc and Cr substituted nickel-zinc ferrites.* Materials Chemistry and Physics 82, 2003, 583-587.
- [8] SHIDE, T.J. ; GADKARI, A.B. ; VASAMBEKAR, P.N. *DC resistivity of Ni-Zn ferrites prepared by oxalate precipitation method.* Materials Chemistry and Physics 82, 2003, 583-587.
- [9] ASHOUR, A.H. *M.Sc. Thesis.* Ain Shams University, Cairo, 1983,p 45-57.

[10] ISLAM, M. U. ; ABBAS, T. ; Shahida B. *Electrical behavior of fine particle, co-precipitation prepared Ni–Zn ferrites* *Solid State Communications*. Vol.136, May 2004, Pages 353-356.

[11] CRAUS, M.L. *Magnetic and structural properties of nanosize Ni–Zn–Cr ferrite particles synthesized by combustion reaction*. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 317, Issues 1-2, October 2007, p230-243.

[12] CHAUDHARI, N.D. ; KAMBALE, R.C. *Studies on initial permeability and loss factor in Ni–Zn ferrites synthesized by oxalate precursors*. *Materials Research Bulletin* 45, 2010, p1713–1719.

[13] GHEISARI, Kh. ; JAVADPOUR, S. ; HASHEMI, B. *Magnetic losses of the soft magnetic composites consisting of iron and Ni–Zn ferrite*. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 320, Issue 8, April 2008, Pages 1544-1548.