

## دراسة تأثير الأيونات الاستبدالية للكادميوم على الخواص التركيبية والمغناطيسية للمركب نيكل-فرايت

خلف إبراهيم خليل الجبوري

قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

## الملخص

تم تحضير مركبات النيكل - كادميوم ذات الصيغة الكيميائية  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  حيث  $0 \leq x \leq 0.5$  وذلك باستخدام طريقة تكنولوجيا المساحيق . تم حساب الحجم الحبيبي لجميع مركبات الفرايت المحضرة من حيود الأشعة السينية بعد التأكد من تشكيل الطور الأحادي ذو التركيب البلوري مغزلي الشكل. كما تم حساب ثابت الشبيكة والكثافة الظاهرية المحسوبة من حيود الأشعة السينية ( $\rho_{x-ray}$ )، حيث وجد أنها تزداد مع زيادة تركيز نسبة الكادميوم، بينما كانت المسامية تنقص مع زيادة تركيز الكادميوم. أما نتائج الفحوصات المغناطيسية فقد أظهرت نقصان قيم القوة القاهرة ( $0.384 \sim 0.408$  KA/m) و المغناطيسية المتبقية ( $0.048 \sim 0.056$  Tesla) والنفاذية المغناطيسية ( $0.125 \sim 0.137$ ) مع زيادة تركيز الكادميوم بينما أدى إلى زيادة قيم التأثرية المغناطيسية ( $0.862 \sim 0.875$ ).

الكلمات المفتاحية: الفرايت، الخواص التركيبية والمغناطيسية، الاستبدال

## 1. المقدمة

الفرايتات بصورة عامة مواد سيراميكية متجانسة رمادية غامقة أو سوداء تتركب من خلط أنواع مختلفة من الأكاسيد مع أكسيد الحديد ، وهي صلبة جداً [1] . وتمتلك الفرايتات تراكييب بلورية مختلفة وهي على هيئة فرايتات ضعيفة (soft) أو قوية (hard) ، وتعتبر الفرايتات الرخوة هي أساس المواد المغناطيسية للأجهزة الكهربائية .

إن الخواص المغناطيسية للفرايت تأتي من التفاعلات الحاصلة بين أيونات الفلز التي تحتل مواقع دقيقة وخاصة بالتناسب مع أيونات الأوكسجين ضمن التركيب البلوري للأوكسيد . وأن التراكييب البلورية للفرايت المصنوع يأخذ شكل مغزلي قاعدته العامة ( $MeFe_2O_4$ ) حيث يمثل Me أحد العناصر الثنائية التكافؤ (divalent transition metals) مثل Zn , Cd , Cu , Ni , Co , Fe , Mn . وأن بعض الأكاسيد المغناطيسية المتمثلة بالفرايتات تمتلك تركيباً بلورياً يمنح موقعاً واحداً للأيونات الموجبة (cations) ، وتكون العزوم المغناطيسية لايونات المعدن التي تقع على نفس الموقع موازية لبعضها البعض وأيضاً موازية لايونات الموقع الآخر ولكن تعاكسها بالاتجاه . وبهذه الطريقة فإن الفرايتات تبدي ظاهرة الفيريمغناطيسية هذا المصطلح الذي تم صياغته من قبل العالم (Neel) [2] . إن تطبيقات الفرايت يعتمد على سلوك منحنى B-H أي كيفية تغير كثافة فيضها أو تدفقها المغناطيسي B مع شدة المجال المغناطيسي المسلط H ، و الفرايتات ذات منحنى B-H الخطي هي المفضلة في العديد من التطبيقات وبخاصة الفرايت Ni-Cd ذات النفاذية المغناطيسية العالية التي تخفّض من تردد الرنين الفيريمغناطيسي الذي يرافقه عادة خسائر عالية [2] . إن الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير إضافة الأيونات الاستبدالية للكادميوم ذات أنصاف أقطار كبيرة بديلاً عن أيونات مستبدلة للنيكل ذات أنصاف أقطار صغيرة على الخواص التركيبية والمغناطيسية لمركبات  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  المحضرة بطريقة تكنولوجيا المساحيق.

## 2. الإجراءات العملية

## 1-2 المواد الأولية المستخدمة

من المهم استخدام مواد أولية ذات نقاوة عالية جداً ، إذ أن وجود بعض الشوائب يؤثر على الخواص التركيبية للمواد الفرايتية الناتجة ، وبدوره يؤثر كثيراً في الخواص الكهربائية والمغناطيسية للناتج النهائي ، لذلك فقد استخدمت مواد ذات نقاوة لا تقل عن 99% والتي هي أكسيد النيكل (NiO) ، أكسيد الكادميوم (CdO) وأكسيد الحديد ( $Fe_2O_3$ ).

## 2-2 طريقة التحضير

يتم حساب النسب الوزنية للمواد المستخدمة في تحضير كل نموذج لقيم ( $x=0.0,0.2,0.4,0.5$ ) بدقة بواسطة ميزان حساس نوع (AND HR-200) دقته لغاية  $10^{-4}$  من الغرام ، ويتم تحضير المركبات بخلط نسب مولية (1:1) وذلك من حساب النسبة للوزن المستخدم إلى الوزن الجزيئي لكل أكسيد اعتماداً على الصيغة المطلوبة بعدها يتم خلط المواد باستخدام موزتر عقيق و بشكل جيد وذلك للحصول على أكبر تجانس ممكن، ثم يسخن الخليط في فرن كهربائي.

وفي وجود الهواء الجوي وبدرجة حرارة  $700^\circ C$  ولمدة 12hr كي لا تتحلل أيونات  $Ni^{2+}$  مكونة أيونات  $Ni^{3+}$  ثم يترك الخليط ليبرد إلى درجة حرارة الغرفة وبمعدل درجة حرارية واحدة لكل دقيقة، إن هذه العملية تسمى بعملية التليد الحراري. ثم يتم إعادة طحن المسحوق جيداً للحصول على جسيمات ناعمة وبعد هذه العملية يتم إضافة المادة الرابطة وهي متعدد فينايل الكحول (PVA) بنسبة قطرتين وذلك ليتماسك المزيج أثناء عملية الإخراج من القالب ولعدم حصول تشويه أو عيوب سطحية للنموذج وأن هذه النسبة لا تؤثر على المكونات الرئيسية للفرايت وكذلك تتبخر أثناء عملية التسخين النهائية. بعدها تتم عملية كبس المسحوق باستخدام مكبس ميكانيكي وبضغط يتجاوز  $4 \text{ ton/cm}^2$  للحصول على أحجام وأشكال مختلفة للنماذج الملائمة لمتطلبات الأجهزة المستخدمة لغرض إجراء الفحوصات المطلوبة. ثم أجريت عملية التلدين الحراري (annealing) بتسخين النماذج

، أما زمن تسليط القوة فهو (10 sec) ثم يرفع أوتوماتيكياً بعد إضاءة المؤشر الضوئي بانتهاء المدة الزمنية المحددة ومن ثم تحسب أبعاد الأثر الناتج في المحورين وباتجاهين متعامدين . بعدها يتم قراءة قيمة الصلادة من الشاشة الرقمية المثبتة على الجهاز بشكل مباشر .

#### رابعاً: قياسات حلقة الهسترة (B-H)

تم إيجاد حلقة الهسترة المغناطيسية للنماذج باستخدام منظومة الفحوصات المغناطيسية ( Model BH-55VSM vibrating sample type magnetization meter (VSM) from Riken Electronics) إذ تستطيع هذه المنظومة قياس القوة القاهرة ( $H_c$ ) والمغناطيسية المتبقية ( $B_r$ ) وذلك من خلال حلقات الهسترة المغناطيسية التي يرسمها الأوسيلوسكوب.

### 3. النتائج والمناقشة

#### 3-1 فحوصات حيود الأشعة السينية

لوحظ تكون الفرايئات المغزلية لجميع النماذج وبصورة جيدة وذات تراكيب بلورية مكعبة الشكل ومتمركزة الأوجه (FCC) وحسب ما موضح في الشكل (1)، ومن الممكن ملاحظة التطابق للقيم الرئيسية (222)،(400)،(422)،(511)،(311)،. وعند مقارنتها مع بطاقة (ASTM) يوجد هنالك تطابق جيد معها.

المكبوسة إلى درجة حرارة  $1100^{\circ}\text{C}$  ولمدة 4hr. تركت النماذج لتبرد إلى درجة حرارة الغرفة بعدها يتم صقل النماذج باستخدام أوراق ناعمة من كاربيد السيليكون لتصبح النماذج جاهزة للاختبار .

#### 2-3 الفحوصات والقياسات العملية

##### أولاً: فحوصات حيود الأشعة السينية

لقد اعتمد فحص حيود الأشعة السينية (XRD) وذلك لمعرفة الحصول على مادة الفرايت المغزلي، وتحديد طبيعة البنى البلورية للنماذج الملبدة. فقد تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية نوع (SHIMADZU) وبالمواصفات الآتية:

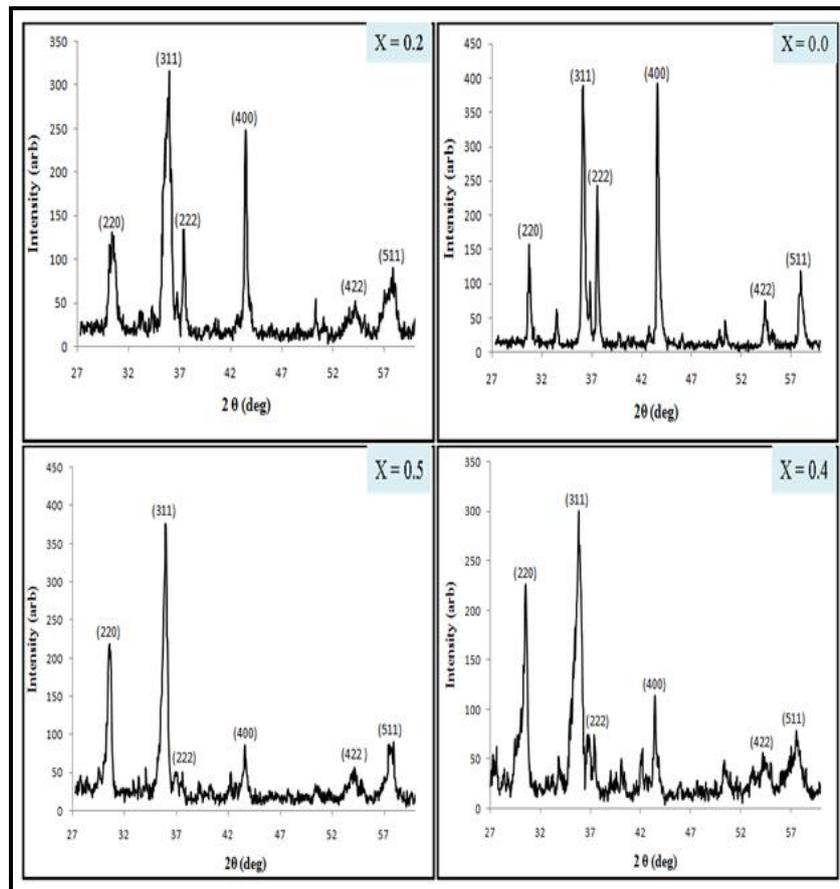
الأشعة المستخدمة هي ( $\text{Cu-K}\alpha$ ) ذات طول موجي ( $1.54060 \text{ \AA}$ ) وبسرعة مسح ( $5\text{deg/min}$ ).

##### ثانياً: فحوصات المجهر الضوئي

تم فحص سطح النماذج المحضرة بأخذ صور ضوئية بواسطة مجهر ضوئي ومزود بكاميرا فيديو لغرض التصوير وتصل بالمجهر حاسبة ذات شاشة لعرض الصور الناتجة.

##### ثالثاً: قياس الصلادة

قيست الصلادة بطريقة فيكرز الذي يستعمل أداة غرز هرمي ماسي ذي زاوية ( $136^{\circ}$ ) بين الوجهين المتقابلين و بحمل مقداره (500 gm)



الشكل (1) : أنماط حيود الأشعة السينية لمركبات  $\text{Ni}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

$$\rho_{x\text{-ray}} = \frac{8M}{N_A^3} \dots\dots\dots(3)$$

حيث أن M: الكتلة المولارية،  $N_A$ : عدد أفوكادرو Avogadro's number وقيمته  $(6.023 \times 10^{23} \text{ particules/g.mole})$  حيث يلاحظ أن الكثافة ( $\rho_{x\text{-ray}}$ ) تزداد مع زيادة تركيز الكاديوم لأنها تعتمد على الوزن الجزيئي للمركب كما مبين في الجدول (1). و من خلال المعادلة

$$P = \left( \frac{\rho_{x\text{-ray}} - \rho_d}{\rho_{x\text{-ray}}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

حيث ان  $\rho_d$ : الكثافة الفيزيائية والتي تم حسابها باستخدام قاعدة أرخميدس. كما تبين من الجدول (1) انخفاض في قيمة المسامية مع زيادة تركيز الكاديوم يرجع ذلك إلى خلق مزيد من الأيونات الموجبة المضافة إلى النماذج وخلق أقل من شواغر الأوكسجين [7].

### 2-3 نتائج فحص المجهر الضوئي

يظهر من الشكل (2-A) أن البنية المجهرية تتكون على العموم من أرضية الحديد الأساس ذات اللون القهوائي الفاتح مع أكسيد النيكل ذات الحبيبات البيضاء ويلاحظ أن عملية الانتشار تكون واضحة ولكن عدم وجود ترابط قوي بين الحدود الحبيبية مما يؤدي إلى وجود بعض المسامات والتشققات في البنية المجهرية والتي تمثل عيوباً تركيبية. إن هذه العيوب لها تأثير على الخصائص الفيزيائية للنماذج الفرايتية [8]. أما الشكل (2-B) يبدو حدوث أكثر انتظاماً وتجانساً بين الجسيمات وهذا ناتج عن وجود تماسك بين حبيبات الكاديوم والنيكل وظهورهما كقطعة واحدة وإن هذا التوزيع المنتظم والمتجانس يزداد مع زيادة تركيز الكاديوم كما في الشكل (2-C) والشكل (2-D) مما يؤدي إلى تماسك قوي بين الحدود الحبيبية وهذا يزيد من حركتها مسبباً نمو في حجم الحبيبات وبالتالي تقل العيوب الداخلية والسطحية في البنية التركيبية مما يؤدي إلى تحسن الخواص الميكانيكية والكهربائية وكذلك المغناطيسية وهذا ما يتفق مع نتائج المسامية التي تم التوصل إليها من نتائج حيود الأشعة السينية [9].

تم حساب ثابت الشبكة (a) لجميع النماذج والمستوي (311) باستخدام العلاقة التالية: [3]

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \dots\dots (1)$$

حيث أن d: المسافة بين المستويات المتوازية في نموذج (XRD) و، معاملات ميلر المناظرة لكل مستوي.

كما لوحظ أن ثابت الشبكة يزداد تدريجياً مع زيادة تركيز الكاديوم، ويمكن تفسير ذلك على أساس أنصاف الأقطار الأيونية للنيكل والكاديوم حيث أن نصف قطر أيون الكاديوم ( $0.99 \text{ \AA}$ ) وهو أكبر من نصف قطر أيون النيكل ( $0.74 \text{ \AA}$ ) فإن إستبدال جزئي النيكل ( $\text{Ni}^{+2}$ ) من قبل الكاديوم ( $\text{Cd}^{+2}$ ) يؤدي إلى التوسع في الشبكة وبالتالي يزداد ثابت الشبكة. كذلك تم حساب معدل الحجم الحبيبي ( $D_{nm}$ ) باستخدام العلاقة التالية: [4]

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots (2)$$

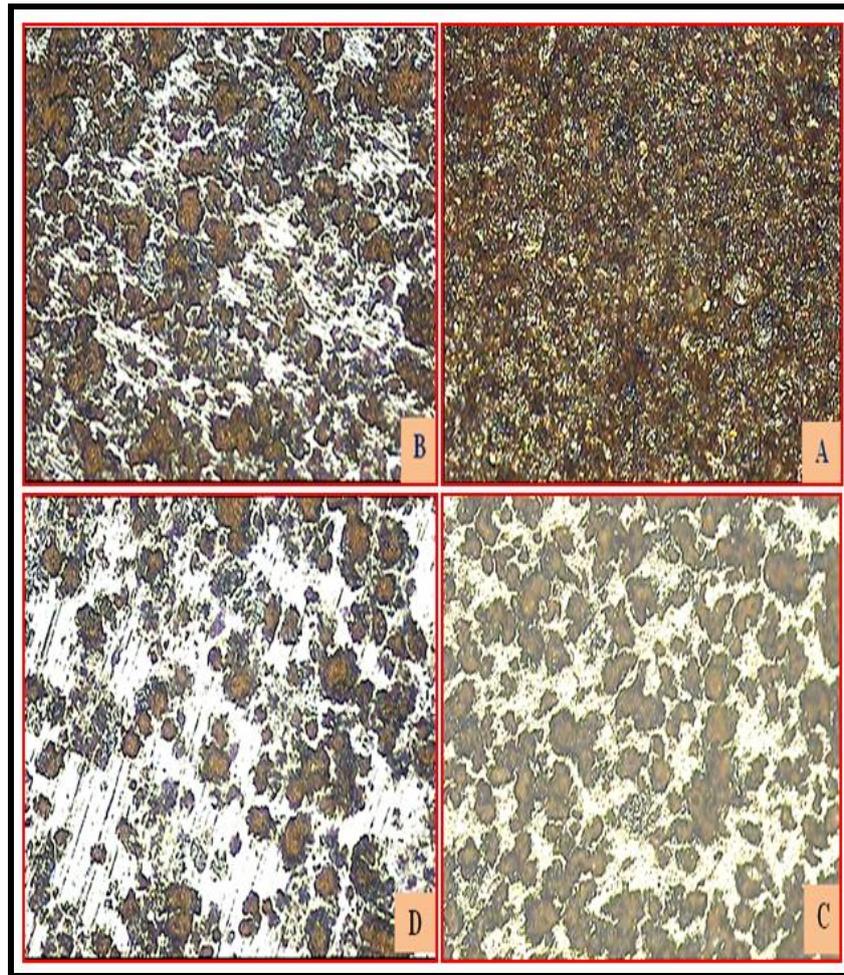
حيث أن K: الثابت الشكلي قيمته (0.9)،  $\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية المستخدمة ( $1.54060 \text{ \AA}$ )،  $\beta$ : عرض القمة عند منتصف الشدة (FWHM)،  $\theta$ : زاوية براك. لقد وجد أن معدل الحجم الحبيبي يزداد مع زيادة تركيز الكاديوم، النتائج المحسوبة مبينة في الجدول (1).

الجدول (1) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية

لمركبات  $\text{Ni}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

Content (X)	Lattice Constant (Å)	X-ray density ( $\rho_{x\text{-ray}}$ ) ( $\text{g/cm}^3$ )	Porosity %	Grain size (nm)
0.0	8.2709	5.422	16.43	27.730
0.2	8.2812	5.457	15.86	28.296
0.4	8.2838	5.479	14.74	30.142
0.5	8.2869	5.491	14.31	31.512

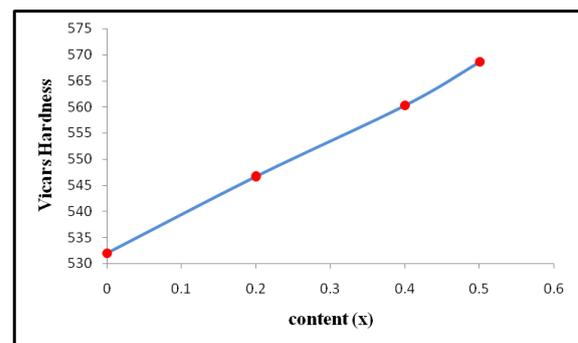
الكثافة الظاهرية المحسوبة من حيود الأشعة السينية ( $\rho_{x\text{-ray}}$ ) تم إيجادها من خلال العلاقة التالية: [5]



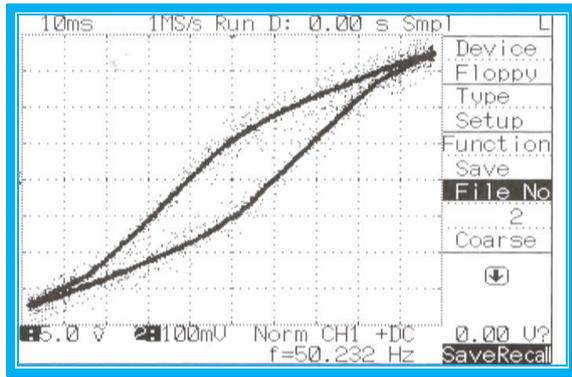
الشكل (2) : صور المجهر الضوئي للمركبات  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  وبقوة تكبير (10X)  
A - عند  $x=0.0$  B - عند  $x=0.2$  C - عند  $x=0.4$  D - عند  $x=0.5$

3-3 نتائج صلادة فيكرز المجهرية:  
يتبين من الشكل (3) إن قيم الصلادة تزداد عند زيادة تركيز الكاديوم حيث تكون أعلى قيمة للصلادة عند  $(x=0.5)$  وأقل قيمة للصلادة عند  $(x=0.0)$ . إن القيمة المنخفضة للصلادة تعود إلى أسباب منها طبيعة التشكيل ومقاومة الخدش أما الزيادة الحاصلة تعود إلى زيادة الكثافة الظاهرية والتي تؤدي إلى تقليل المسامية للنماذج المحضرة بطريقة تكنولوجيا المساحيق والموضحة مسبقاً من نتائج حيود الأشعة السينية [10].

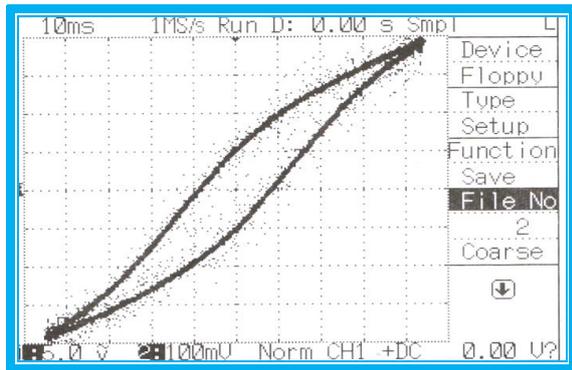
4-4 نتائج الفحوصات المغناطيسية لحلقات الهستيرة (B-H):  
إن إحدى أهم الخصائص لأية مادة مغناطيسية هي العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسي (B) وشدة المجال المغناطيسي المسلط (H) المتمثلة بحلقة الهستيرة (B-H Loop) التي تعتبر مقياس للطاقة المفقودة لوحدة الحجم خلال دورة تمغنط واحدة. إذ توضح الأشكال من (4) إلى (7) حلقات الهستيرة المغناطيسية لنماذج  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$ . إذ يتبين أن شكل وعرض حلقات الهستيرة يعتمد على عوامل منها التركيب الكيميائي للمادة والمسامية والتركيب البلوري. إذ توضح الأشكال من (8) إلى (11) تغير قيم القوة القاهرة ( $H_c$ ) و المغناطيسية المتبقية ( $B_r$ ) و النفوذية المغناطيسية النسبية ( $\mu_r$ ) و التأثرية المغناطيسية ( $\chi_m$ ) مع تغير تركيز الكاديوم. إن انخفاض ( $\mu_r$ ) مع زيادة تركيز الكاديوم يعود إلى ضعف تفاعلات (A-B) [11]. هنالك ثلاثة أنواع من التفاعلات المتبادلة بين أيونات الألكترونات المنفردة التي تحتل مواقع رباعي السطوح (A) ومواقع ثماني السطوح (B). تفاعلات (A-B) تسود بشكل كبير على تفاعلات (A-A) و (B-B). لكن تفاعلات (A-B) تكون سلبية لأن كل البرم المغناطيسي للألكترونات في مواقع (A) تصطف باتجاه واحد في حين البرم



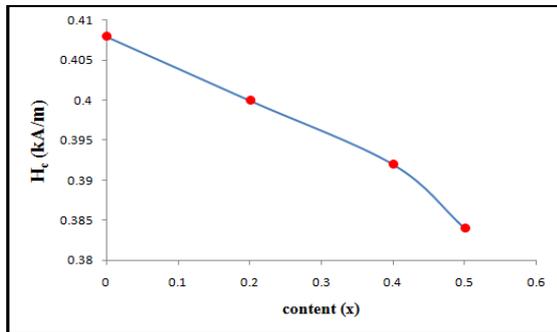
الشكل (3) : تغير الصلادة مع تركيز الكاديوم



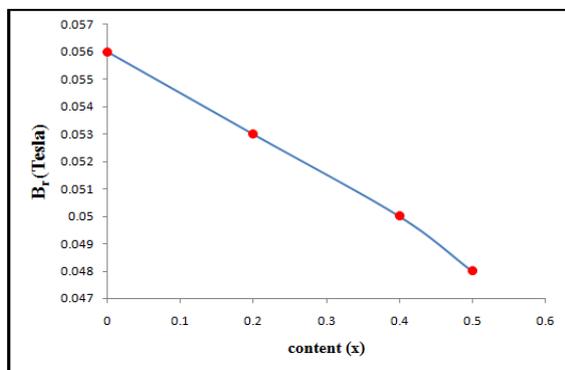
الشكل (6) حلقة الهستيرة المغناطيسية لنماذج  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  عند  $(X=0.4)$



الشكل (7) حلقة الهستيرة المغناطيسية لنماذج  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  عند  $(X=0.5)$



الشكل (8) تغيير القوة القاهرة مع تركيز الكاديوم لمركبات  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$



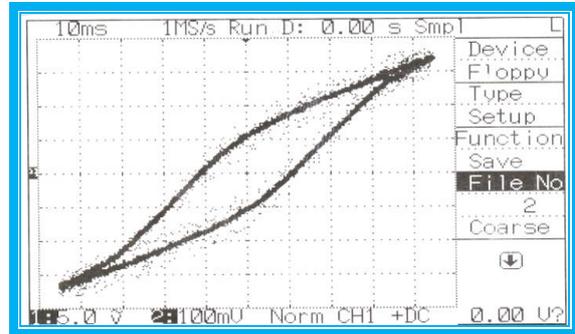
الشكل (9) تغيير المغناطيسية المتبقية مع تركيز الكاديوم لمركبات  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$

المغناطيسي في مواقع (B) تكون بالاتجاه المعاكس وبالتالي فان مجموع العزوم المغناطيسية للشبكة هو الفرق بين العزوم المغناطيسية لمشبك (A) و (B) .

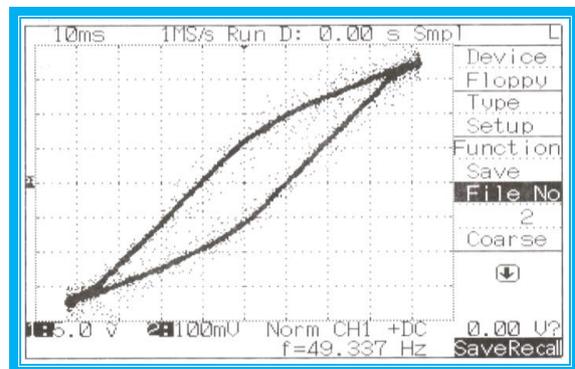
$$M = |M_B - M_A| \dots \dots \dots (5)$$

إذ إن  $M_B$  و  $M_A$  هي العزوم المغناطيسية للمواقع (A) و (B) على التوالي.

إن مركب  $NiFe_2O_4$  يمتلك تركيب مغزلي معكوس لذلك إن أكثر أيونات النيكل  $Ni^{2+}$  تحتل مواقع (B) وأيونات الحديد  $Fe^{3+}$  تتوزع على مواقع (A) و (B) [8,9]. العزوم المغناطيسية لأيونات  $Fe^{3+}$  و  $Ni^{2+}$  هي  $5 \mu_B$  و  $2 \mu_B$  في حين  $Cd^{2+}$  هو مادة بارامغناطيسية، فإن استبدال  $Cd^{2+}$  مع أيونات  $Ni^{2+}$  تجري على مواقع ثمانية السطوح لأن نصف قطر أيون الكاديوم أكبر لذلك يكون إمكانية احتلال مواقع رباعي السطوح نادر جدا وبالتالي فمن المتوقع إن عدد من العزوم المغناطيسية على مواقع (B-site) ستتناقص مما يؤدي إلى انخفاض النفاذية المغناطيسية النسبية (Magnetic Relative permeability) مع زيادة تركيز الكاديوم. إن القيمة المنخفضة للقوة القاهرة (coercivity) والمغناطيسية المتبقية (Remained Magnetization) مع زيادة تركيز الكاديوم تعزى إلى الحركة السهلة لحواجز مناطق النفوذ المغناطيسية أثر التغييرات في قيمة المجال المغناطيسي أو اتجاهه. هذا الانخفاض في قيم القوة القاهرة يدل على أن جميع النماذج هي لينة مغناطيسيا لذلك تكون لها الحفاظ على طبيعة الفريت اللين مع استبدال أيونات الكاديوم [12].



الشكل (4) حلقة الهستيرة المغناطيسية لنماذج  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  عند  $(X=0.0)$



الشكل (5) حلقة الهستيرة المغناطيسية لنماذج  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$  عند  $(X=0.2)$

## 4. الاستنتاجات

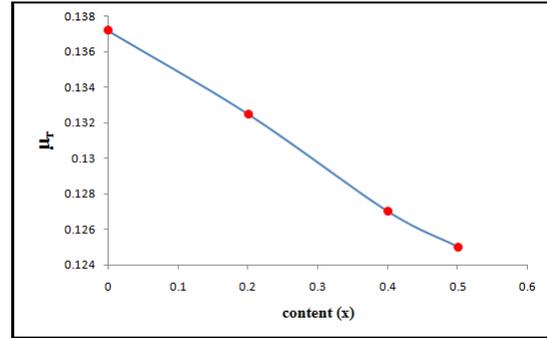
يمكن الخروج بعدد من الاستنتاجات من هذا العمل تلخص كالآتي:

1. أظهر فحص حيود الأشعة السينية أنّ التركيب البلوري لجميع النماذج المحضرة هو مكعب متمركز الأوجه كما ظهرت قيم حيود التناظر للمستويات (220) (311) (222) (400) (422) (511) وبالاتجاه التفضيلي (311).

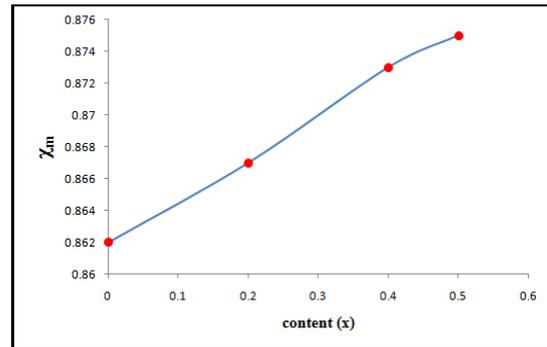
2. زيادة ثابت الشبكة و الحجم الحبيبي والكثافة ( $\rho_{x\text{-ray}}$ ) والصلادة عند إضافة الكاديوم بينما أدى إلى انخفاض في المسامية مسبباً أكثر تجانساً في البنية التركيبية.

3. من نتائج فحوصات حلقة هسترة لوحظ انخفاض قيم القوة القاهرة (Hc) والمغناطيسية المتبقية (Br) والنفاذية المغناطيسية ( $\mu_r$ ) مع زيادة تركيز Cd بينما سبب زيادة في التأثرية المغناطيسية ( $\chi_m$ ).

4. إنّ اتساع حلقة هسترة للنموذج عند قيمة ( $x=0$ ) تكون مفضلة لاستخدامها كمحاثات ومغانط دائمة لارتفاع قوتها القهرية بينما تفضل النماذج ذات القوة القهرية المنخفضة لإستخدامها كقلوب للمحولات الكهربائية والمحركات لأنها تساعد في تقليل خسائر التيارات الدوامة.



الشكل (10): تغيير النفاذية المغناطيسية النسبية مع تركيز الكاديوم لمركبات  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$



الشكل (11): تغيير التأثرية المغناطيسية مع تركيز الكاديوم لمركبات  $Ni_{1-x}Cd_xFe_2O_4$

## المصادر

- 7) T. Abbas, M. U. Islam, M. A. Chaudhry, Mod. Phys. Lett. B 9, 22, 1419, (1995).
- 8) S. T. Mahmud, A. K. M. Akther, Hossain and A. K. M. Abdul Hakim, J. Magn. Magn. Mater. 305 (2006) 269-274.
- 9) A. M. Abdeen, O. M. Hameda, E. E. Assem and M. M. El. Sehly, J. Magn. Magn. Mater. 238 (2002) 75-83.
- 10) N. Chinnasamy, A. Nareyanasamy, N. Ponpandian, K. Chattopadhyay, K. Shinoda, B. Jeyadevan, K. Tohji, K. Nakatauka, T. Furubayashi, I. Nakatani, Phys.Rev. B 63 ,184108-1 - 184108-6, (2001).
- 11) Abdulsamee F. Abdulaziz, Khalaf I. Khaleel, Nabeel A. Bakr, Tikrit Journal of Pure Science 16 (2011) 216-222.
- 12). Perron. T. Mellier, C. Domain, J Roques, E. Simoni, R Drot and H Catalette, J.Phys. Condens. Matter, 19 (2007) 341.

- 1) Indulkar C.S., Thiruvengadam : Introduction to Electrical Engineering Materials, S.Chand and Company LTD, Ram Nagar, New Delhi-110055, (1990).
- 2) Gilbert Y.chin, "Ferrite", Internet: www.Access Science.com, McGraw-Hill companies, (2000).
- 3) M. J. Iqbal, M. N. Ashiq, P. Hernandez-Gomez and J. M. Munoz, "Synthesis, Physical, Magnetic and Electrical Properties of Al-Ga Substituted Coprecipitated Nanocrystalline Strontium Hexaferrite," Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol. 320, No. 6, pp. 881-886,( 2007).
- 4) S. Kumar and R. Chandra: "Temperature dependent studies of CdS nanoparticles in viscous matrix". Optical Materials. 27, 1346, (2005).
- 5) Hong, Y. S.; Ho. M.; Hsu, H. Y.; Liu, C. T. J. Magn. Magn. Mater, 279,401, (2004).

(6) ندى طاهر سلطان "تأثير نسبة المسامية على قيم الكثافة والصلادة لسبيكة نيكول - نحاس والمنتجة بطريقة تكنولوجية المساحيق" مجلة الهندسة والتكنولوجيا" المجلد 29 (2011) 66-74 .

## The effect of Cadmium Substitution on the structural and magnetic properties of Nickel Ferrite

Khalaf E. Khalil Al- Juboory

*Department of Physics, College of Education for pure science, University of Tikrit , Tikrit , Iraq*

### Abstract

Nickel – Cadmium ferrites having the chemical formula ( $\text{Ni}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ), ( $0 \leq X \leq 0.5$ ) were prepared by using powders technology method. The particle size of the ferrite samples were estimated from X-ray diffraction studies after the confirmation of the formation of single phase spinel structure of the ferrites. We found that the Lattice constant and density ( $\rho_{x\text{-ray}}$ ) increased with Cd content while the porosity was noticed to decrease. Also the magnetic testing showed decreases in values the Coercive Force from (0.408 KA/m) to (0.384 KA/m) and the Remnant Magnetization from (0.056 Tesla) to ( 0.048 Tesla) and the Magnetic Relative permeability is the within range (0.137 ~ 0.125) with increasing of the Cadmium concentration while the Magnetic Susceptibility was noticed to increase from (0.862) to (0.875).

**Key words:** Ferrite, Structural and magnetic properties, Substitution