تأثير إحلال أيونات الكوبلت على الخواص التركيبية والمرونة والمغناطيسية والعزلية والضوئية للحبيبات النانومترية لفرايت الخارصين والمغنيسيوم ومجالات تطبيقاتها في أجهزة الترددات العالية وكمحفزات ضوئية.

إعداد

نوال سعيد البسامي

إشراف

بروفيسور سلوى فهيم منصور

المستخلص

في هذ البحث تمت دراسة الخصائص الهيكلية، المرونة، المغناطيسية، العزلية، والضوئية لفرايت الخارصين- مغنيسيوم المطعم بأيونات الكوبالت على حساب أيونات الحديد والذي نختصره بالرمز (MZCFO). لقد تم تحضير عينات الفرايت باستخدام طريقة السيترات. وقد تمت دراسة خصائص العينات المحضرة باستخدام تقنيات توصيف متعددة؛ حيث أوضحت دراسة حيود الأشعة السينية (XRD) تكوّن مركبات سبينل (المميزة للفرايت) بدون وجود اي أثر لمركبات ثانوية. أيضا وجد أن متوسط طول وحدة الخلية (a_{exp}) يساوي تقريبا ٠,٨٣٨٩ نانومتر وهي نتيجة مقاربه لتلك المحسوبة نظريا (a_{th}) باستخدام التوزيع المقترح للأيونات. وتم أيضا تحديد حجم البلورة (D) لعينات مركب الفرايت تحت الدراسة بطريقة ديباي- شيرر وأيضا بطريقة ويليامسونز وهول، ووجد أنها تتراوح ما بين١٣و٣٥نانومتر. أثبتت نتائج الميكروسكوب الإلكتروني الماسح FE-SEM الطبيعة النانوية للجسيمات، وكذلك الطبيعة المسامية للعينات المحضرة. كشف تحليل EDX للعينات عن وجود جميع العناصر الكيميائية المكونة للفرايت المستخدم وهي المغنيسيوم، والخارصين، والكوبالت، والحديد، والأوكسجين. وقد تم أيضا دراسة أشكال الجسيمات باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني النافذ HR-TEM، واتضح أنها تأخذ الشكل الدائري المميز للفريت. تم تحليل العينات باستخدام الأشعة تحت الحمراء والتي أثبتت بواسطة الحزم المتكونة تكوّن مركبات السبينل (المميزة للفرايت) للعينات

المحضرة. تم قياس منحنى التخلف المغناطيسي في درجه حرارة الغرفة (VSM) ومنه تمت دراسة الخواص المغناطيسية التي وجد أنها تعتمد بشكل كبير على نسبة الكوبالت المضاف. تم دراسة ثابت العزل الكهربي ε (الجزء الحقيقي) ومعامل الفقد الكهربي (tanδ) للفرايت في درجة حرارة الغرفة في المدى الترددي (50Hz – 5MHz) ووجد أنهما يقلان بزيادة التردد. كما تم دراسة ثابت العزل ε (الجزء الحقيقي) ومعامل الفقد (tanδ) في مدى من درجات الحرارة (300K - 850K) وعند ترددات مختلفة (1KHz – 5MHz) ووجد أنها تزداد بزيادة درجة الحرارة. تم قياس التوصيلية الكهربائية (σ) للتيار المتردد عند درجات حرارة مختلفة من (300K - 850K) وعند ترددات مختلفة (1kHz – 5MHz) وأثبتت أن العينات تسلك سلوك أشباه الموصلات. تم الحصول على أكثر من خط مستقيم والذي يدل على تعدد ميكانيكيات التوصيل؛ الأولى نتيجة قفز الالكترون بينما الثانية نتيجة لتكون البولارون الصغير أما الثالثة تكون نتيجة لإنتقال حالة المادة إلى الحالة العشوائية. تم دراسة المركب الحقيقي (Z`) والتخيلي (Z``) للمعاوقة الكهربائية كدالة في التردد ومنها تم حساب تردد الاسترخاء الكهربائي(ω_{max}). تم دراسة المعاوقة الكهربائية بواسطة تحليل منحنى كول-كول وبيّنت دور كلاً من الحبيبات (R_g) وحدود الحبيبات (R_{gb}) في عملية التوصيل الكهربائي وأظهرت وجود انخفاض في المقاومة الناشئة من حدود الحبيبات (R_{gb}) مع زيادة تركيز أيونات الكوبالت. وباستخدام رسومات Tauc's تم حساب طاقة الفجوة الضوئية (E_g) لجسيمات الفريت النانوية والتي وجد أنها تقل بإضافة أيونات الكوبالت. تم استخدام تحلل صبغة الميثالين الأزرق MB لدراسة سلوك مركبات الفرايت كمحفز ضوئي. وجد أن النقصان في طاقة الفجوة الضوئية لمركبات الفريت يعزز من نشاط التحفيز الضوئي لصبغة الميثالين الأزرق والتي حققت زيادة في كفاءة التحلل من ٦٥٪ إلى ٩٥٪ مع زيادة إضافة مركب الفرايت. أخيرا نخلص إلى أن هذا الفرايت بخصائصه المميزة، تجعله مرشحًا لتطبيقات الأجهزة متعددة الوظائف وأجهزة الميكروويف عالية التردد، كما أن فاعليته في انحلال صبغ الميثيلين العضوي الازرق هو دليل على قدرته على تحقيق نجاح كبير في تطبيقات معالجة المياه.

Effect of Co^{2+} substitution on structural, elastic, magnetic, dielectric and optical properties of Mg-Zn ferrite nanoparticles for high frequency devices and photocatalytic application

By

Nawal Saeed Al Bassami

Supervised By

Prof. Salwa Fahiem

ABSTRACT

This research was conducted to study the structural, elastic, magnetic, dielectric, and optical properties of cobalt substituted ions in Mg-Zn nanocrystalline ferrite (MZCFO), synthesized using the sol-gel auto-combustion route. The yielded as-prepared powder was characterized by implementing variable characterizing techniques. The XRD patterns assure the formation of the cubic spinel nanocrystalline ferrite for all cobalt concentrations with no trace of any secondary phase. XRD analysis was also applied in determining the experimental average lattice constant (a_{exp}), which estimated to be 0.8389 nm and found in a good agreement with the theoretical lattice constant (a_{th}) that was determined based on the proposed cations distribution. The average crystallite size (D) was found to range between ١٣nm and 35nm using the Debye-Scherrer method (D_{DS}), and the Williamson– Hall method (D_{WH}). FE-SEM images showed the nanoscale particles of the samples and proved the porous nature, while EDX spectra revealed the entity of all chemical elements (Mg, Zn, Co, Fe, and O). HR-TEM micrographs of the as-prepared MZCFO nanoferrites reveal agglomerated round-shaped nanoferrite particles. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) patterns prove the spinel ferrite structure by exhibiting the distinctive vibrational frequencies for the tetrahedral and octahedral sites. Vibrating Sample Magnetometer (VSM) analysis indicates the influence of Co^{2+} content on the magnetic parameters of the present ferrite.

The dielectric constant (ε᾽), dielectric loss (tanδ), and ac conductivity variations with frequency for all samples reveal behavior that can be interpreted based on Maxwell-Wagner interfacial polarization. The variation of the dielectric constant (ε') and dielectric loss (tanδ) as a function of temperature and frequency shows a drastic increase in both (ε') and (tanδ) with increasing the temperature and peaks of various altitudes appear at different frequencies. The ac. electrical conductivity (σ) as a function of temperature at frequencies (50Hz - 5 MHz) was measured for all samples. More than one straight line was obtained, indicating the different conduction mechanisms. One region in the conductivity is due to electron hopping, while the others are due to thermally activated small polaron hopping and magnetic disordering. The real (Z`) and imaginary (Z``) parts of complex impedance were measured as a function of frequency for all samples. Impedance formalism was assessed using Cole-Cole plot, which detects the contribution of grains and grain boundaries in the conduction process. The optical energy gap (E_g) of Mg-Zn ferrite nanoparticles was determined using Tauc's law, which found to tune successfully with the addition of Co^{2+} ions. The change in (E_g) leads to enhancement in the photocatalytic activity and the degradation efficiency of Methylene Blue (MB) organic dye from 65% to 95%dyes with increasing the addition of MZCFO ferrite under the illumination of visible-light. Based on the discussed findings, this ferrite may consider a potential candidate for multi-functional devices and high-frequency microwave devices, besides the fact that the MB degradation investigation indicates its ability to achieve a peak success in water treatment applications.