Improvement of Dielectric Properties and Photoconductivity of Laser Deposited Ferrite Thin Film and Bulk of $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; M = (Ge, Li, and Ti); to be used as Optical and Pressure Detector

Thesis

Submitted for the Partial Fulfillment of the Requirement for Master Degree in Physics

BY

ALI HASSAN ALI AHMED MAGRABI

A. H. Magrabi

TO

National Institute of Laser Enhanced Science, NILES,

Cairo University

2008

Approval sheet

Title of the Thesis

Improvement of Dielectric Properties and Photoconductivity of Laser Deposited Ferrite Thin Film and Bulk of $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; M = (Ge, Li, and Ti); to be used as Optical and Pressure Detector

Name of the candidate

Ali Hassan Ali Ahmed Magrabi

A. H. Magrabi

Submitted to

National Institute of Laser Enhanced Science, NILES,

Cairo University

Supervision Committee:

Prof. Dr. D.Sc. M. A. Ahmed

Materials Science Lab (1)
Physics Department,
Faculty of Science, Cairo University

Dr. M. Atta

NILES, Cairo University

Head of Department
Laser Science and its Interaction

Prof. Dr. Iftetan M. Azzouz

عنوان الرسالة

" تحسين الخواص الكهربية و التوصيلية الضوئية لشريحة من الفريت $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; M = (Ge, Li, and Ti), المحضرة بواسطة الترسيب بالليزر بحيث يمكن استخدامه كمجس ضوئى و ضغطى"

رسالة

تكميلية للحصول على درجة الماجيستير فى الفيزياء

للطالب

على حسن على أحمد مغربى

المعهد القومى لعلوم الليزر

جامعة القاهرة

٢٠٠٨

استمارة معلومات الرسائل التى تمت مناقشتها

الكلية / المعهد: المعهد القومى لعلوم الليزر القسم : علوم الليزر و تفاعلاته

١- الدرجة العلمية: ماجستير ☐ دكتوراة الفلسفة: ☐

٢- بيانات الرسالة:

عنوان الرسالة باللغة العربية:

"تحسين الخواص الكهربية و التوصيلية الضوئية لشريحة من الفريت $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; $M = (Ge, Li\ and\ Ti)$ المحضرة بواسطة الترسيب بالليزر بحيث يمكن استخدامه كمجس ضوئى و ضغطى"

عنوان الرسالة باللغة الانجليزية:

"Improvement of dielectric properties and photoconductivity of laser deposition ferrite thin film and bulk of $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; M = (Ge, Li and Ti) ; to be used as Optical and Pressure Detector"

التخصص الدقيق: أنظمة الليزر

تاريخ المناقشة: ١٠ / ٧ / ٢٠٠٨

٣- بيانات الطالب:

الاسم : على حسن على أحمد مغربى الجنسية: مصرى النوع: ذكر

العنوان: ٩٦ ش طه حسين /المسلة / عين شمس الغربية / القاهرة رقم التليفون: ٢٢٥٥٠١٤٦

جهة العمل: المعهد القومى للقياس و المعايرة

البريد الالكترونى: a_hassan1975@yahoo.com

٤- المشرفون على الرسالة:

الاسم	القسم	الكلية	الجامعة
١- ا.د/ محمد على أحمد	الفيزياء	العلوم	القاهرة
٢- محمد عطا خضر	علوم الليزر و تفاعلاته	المعهد القومى لعلوم الليزر	القاهرة

٥- مستخلص الرسالة: - (لايزيد عن ٧ أسطر)

٥-١ باللغة العربية:

تم عمل دراسة مستوفاه لمركب فريتات النحاسوز المطعم بنسب صغيرة من التيتانيوم وجرمانيوم والليثيوم من ٠.٠ وحتى ٠.٨ وذلك بعمل اشعة سينية واشعه تحت حمراء للعينات والتأكد من تكون المركبات وتم ايضا دراسة الخصائص الكهربية . وايضا تم دراسة تأثير الضغط المتعامد على العينات. و ايضا تم عمل شرائح رقيقة من المركب وذلك بأستخدام تقنية الترسيب بالليزر النبضات و تم دراسة الشرائح الرقيقة مشتملة على الخصائص الضوئية و إستجابة المادة لأشعة الضوء العادية . فى نهاية البحث تم الوصول لنتائج مرضية ومطابقة لخطة البحث الاولية وهى امكانية عمل مجس ضوئى من الشرائح الرقيقة وخاصة المركب ذى التطعيم بالتيتانيوم بتركيز ٠.٣ لأستجابته العالية للضوء وايضا تم التأكد من ان المركب فى طبيعتة المجمعة يمكن استخدامة كمجس ضغطى وذلك بتحويل الزيادة فى الضغط الى نقص فى المقاومة. وبذالك يكون البحث مستوفى اركانة.

٥-١ باللغة الإنجليزية:

The samples under investigation of the general formula $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$, M=Ti, Ge, and Li, $0.0 \le x \le 0.8$ were prepared using the standard ceramic technique. Thin films of different contents by PLD technique were also carried out. FTIR and X – ray diffraction were carried out to assure the formation of the samples in the proper form. The dielectric properties for the bulk samples were measured at different temperatures as a function of the applied frequency. Also, the effect of the uniaxial pressure was investigated on some samples. The obtained results showed a decrease in the resistivity with increasing the applied pressure. The photoconductivity for thin film samples were measured on some of them as example just to compare between the physical properties of polycrystalline and thin film to choose the most suitable sample to be more applicable.

٦- أهم النتائج التطبيقية التى تم التوصل اليها:

(لا تزيد عن سسطرين لكل منها)

٦- ١ يمكن إستخدام الشرائح الرقيقة من الفريت المحضر خاصتا الفريت التيتانيوم ذو التركيز ٠.٣ كمجس ضوئى فى المدى من ٢٠٠-٨٠٠ نانوميتر بدقة عالية.

٦-٢ من نتائج تاثير الضغط المتعامد على العينات تم التوصل الى ان الفريت المطعم بالجرمانيوم ذو التركيز ٠.٦ هو أنسب العينات المحضرة فى إستخدامها كمجس ضغطى للضغوط المختلفة.

٦-٣ يمكن إستخدام الفريت المطعم بالجرمانيوم كمواد فعالة ذات عزل كهربى عالى فى الصناعة بينما الفريت التيتانيوم يمكن إستخدامه كمواد فعالة ذات عزل كهربى فى الصناعة.

٧- ما هى الجهات التى يمكن أن تستفيد من هذا البحث:

(أذكر هذه الجهات مع شرح أهمية البحث لهذه الجهات بما لايزيد عن أربعة سطور لكل جهة)

٧ - ١ الصناعة : و ذلك بإستخدام الفريت المطعم بالجرمانيوم كمواد فعالة ذات عزل كهربى عالى بينما الفريت التيتانيوم يمكن إستخدامه كمواد فعالة ذات عزل كهربى. وهذه المواد سهلة التحضير ذات تكلفة بسيطة و نتائج واعدة اذا استخدمت فى جميع الأجهزة الكهربية.

٧ - ٢ المعهد القومى للقياس و المعايرة : و ذلك باستخدام الفريت المطعم بالجرمانيوم كمجس ضغطى يمكن الأعتماد علية فى عملية المعايرة و يمكن انتاج اكثر من مدى باستخدام أكثر من تركيز.

٧ - ٣ المعهد القومى لعلوم الليزر: وذلك باستعمال االعينات المحضرة ذات الأغشية الرقيقة كمجس للضوء فى المدى من ٢٠٠- ٨٠٠ نانوميتر .

٨- هل توجد علاقة قائمة باحدى هذه الجهات: نعم ■ لا □

فى حالة نعم أذكر هذه الجهات:

٨ – ١ المعهد القومى للقياس و المعايرة

ما هى طبيعة العلاقة:

مشروع بحثى □

تعاون علمى ■

مشروع ممول من جهة ثالثة □ أذكر ما هى

أخرى □ تذكر

٩- هل توافق على التعاون مع جهات مستفيدة من خلال الجامعة

لا □ لماذا

نعم ■

(أ) لتطبيق البحث ■

(ب) لاستكمال البحث ■

(ت) أخرى □ تذكر

١٠- هل تم نشر بحوث مستخرجة من الرسالة فى مجلات أو مؤتمرات علمية

(تذكر مع جهة النشر و المكان و التاريخ)

لا لم يسبق لىنشر اى بحوث من الرسالة حتى الآن

١١- هل سبق التقدم لتسجيل براءات اختراع (تذكلر مع الجهة و المكان و التاريخ)

لا لم يسبق لى تسجيل براءت أختراع

١٢- هل توافق على إعطاء البيانات المذكورة فى هذه الاستمارة لجهات أخرى

نعم ☐ لا ☐

(البيانات صحصحة و البحث قابل للتطبيق)

توقيع الطالب: توقيع المشرفين

وكيل المعهد

للدراسات العليا و البحوث

تقرير المحكمين الجماعى

أسم الطالب: على حسن على أحمد مغربى

الموضوع: رسالة ماجيستير

التخصص: أنظمة الليزر

عنوان الرسالة باللغة الإنجليزية:

"Improvement of dielectric properties and photoconductivity of laser deposition ferrite thin film and bulk of $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; M = (Ge, Li and Ti) ; to be used as Optical and Pressure Detector"

عنوان الرسالة باللغة العربية:

"تحسين الخواص الكهربية و التوصيلية الضوئية لشريحة من الفريت $Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; $M = (Ge, Li and Ti)$ المحضرة بواسطة الترسيب بالليزر بحيث يمكن استخدامه كمجس ضوئى و ضغطى"

رأى المحكم الأول:

It is my pleasure to report my referee as follow:

Basically, this paper is well organized and well described. I believe that this thesis should be recommended to the award of degree to the candidate.

التوقيع

Koichi Kakimoto

رأى المحكم الثانى:

تحتوى الرسالة على أربعة أبواب رئيسية:

يحتوى الباب الاول على مسح شامل لكل الأبحاث العلمية التى لها علاقة مباشرة و غير مباشرة برسالة الطالب و يحتوى على عدد كافى من المراجع العلمية الى جانب احتواء نفس الباب على الخلفية النظرية لكل ما يتعلق بالرسالة حيث تم كتابتة بوضوح و مدعم بعدد كافى من المراجع و الدوريات العلمية.

يحتوى الباب الثانى على شرح التركيب البللورى للفيريتات المختلفة بالمعادلات الرياضية المستخدمة فى حساب اليوزيع الكاتيونى و وحدة الخلية. كما يحتوى على تطبيقات الفيريتات سواءا فى تكنولوجيا الاتصالات و أجهزة الكمبيوتر و ظاهرة التوصيل الكهربى بالضغط و استخداماتة فى الصناعة كما أوضح أهمية استخدام الاغشية الرقيقة فى حياتنا اليومية.

يحتوى الباب الثالث على جميع التقنيات العملية التى استخدمها الطالب و كتبت بوضوح بالاضافة الى طرق التحضير الختلفة للعينات الخاصة بالرسالة و أثبت أن العينات حضرة بطريقة صحيحة.

يحتوى الباب الرابع على النتائج و مناقشتها و قد أظهرت تفسيرات نتائج حيود الاشعة السينية و تحليل الأشعة تحت الحمراء تكون المركبات المحضرة فى صورتها الصحيحة. كما أظهرة نتائج ثابت العزل الكهربى للمركبات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة كدالة فى فى التردد ان العزل الكهربى لفيريت التيتانيوم يقل مع تركيز التيتانيوم ٥،. بينما فى كل من فيريت الجرمانيوم و الليثيوم لوحظ زيادة قيمة العزل الكهربى حتى تركيز ٤،. و ٥،. على الترتيب تم تقل بزيادة التركيز لكل منهما. و بدراسة تأثير الضغط على بعض العينات المحضرة تبين بشكل عام ان زيادة الضغط المؤثرة تقل قيمة المقاومة النوعية للعينة خاصة فى حالة التيتانيوم فيريت ذو التركيز ٤،. و عند الليثيوم فيريت ذو التركيز ٨،. بينما ظهر الانخفاض فى المقاومة النوعية للجرمانيوم فيريت عند تلركيز ٦،.
و بخصوص العينات المحضرة بتقنية الأغشية الرقيقة باستخدام الليزر فقد اظهرة النتائج ان التوصيل الفوتونى يزداد بزيادة تركيز التيتانيوم حتى تركيز ٣،. ثم ينقص مرة أخرى بزيادة التيتانيوم . كما لوحظ زيادة التوصيل الفوتونى بزيادة أنصاف أقطار العناصر الأيونية المستخدمة فى مركب الفيريت . و لقد تبين للطالب ان التيتانيوم ذو التركيز ٣،. يمكن أستخدامة كمجس ضوئى فى المدى بين ٢٠٠-٨٠٠ نانوميتر.
و حيث أن الطالب أطلع بصورة جيدة على كل الموضوعات الهامة فى التخصص بالاضافة الى توصل الطالب الى العديد من النتائج الهامة و التى لها تطبيقات فى الصناعة. الأمر الذى أعطى أهمية للرسالة حيث تعتبر مرجعا هاما لكل المشتغلين فى هذا المجال
لذلك نوصى بمنح الطالب / على حسن على أحمد مغربى درجة الماجيستير فى الفيزياء من المعهد القومى لعلوم الليزر جامعة القاهرة

التوقيع

أ.د/ محمد على أحمد

أستاذ الفيزياء بكلية العلوم
والمشرف الرئيسى على الرسالة

رأى المحكم الثالث:

تحتوى الرسالة على أربعة أبواب رئيسية:
يحتوى الباب الاول على مسح شامل لكل الأبحاث العلمية التى لها علاقة مباشرة و غير مباشرة برسالة الطالب و يحتوى على عدد كافى من المراجع العلمية الى جانب احتواء نفس الباب على الخلفية النظرية لكل ما يتعلق بالرسالة حيث تم كتابتة بوضوح و مدعم بعدد كافى من المراجع و الدوريات العلمية.
يحتوى الباب الثانى على شرح التركيب البللورى للفيريتات المختلفة بالمعادلات الرياضية المستخدمة فى حساب اليوزيع الكاتيونى و وحدة الخلية. كما يحتوى على تطبيقات الفيريتات سواءا فى تكنولوجيا الاتصالات و أجهزة الكمبيوتر و ظاهرة التوصيل الكهربى بالضغط و استخداماتة فى الصناعة كما أوضح أهمية استخدام الاغشية الرقيقة فى حياتنا اليومية.
يحتوى الباب الثالث على جميع التقنيات العملية التى استخدمها الطالب و كتبت بوضوح بالاضافة الى طرق التحضير الختلفة للعينات الخاصة بالرسالة و أثبت أن العينات حضرة بطريقة صحيحة.
يحتوى الباب الرابع على النتائج و مناقشتها و قد أظهرت تفسيرات نتائج حيود الاشعة السينية و تحليل الأشعة تحت الحمراء تكون المركبات المحضرة فى صورتها الصحيحة. كما أظهرة نتائج

ثابت العزل الكهربى للمركبات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة كدالة فى فى التردد ان العزل الكهربى لفيريت التيتانيوم يقل مع تركيز التيتانيوم ٥،. بينما فى كل من فيريت الجرمانيوم و الليثيوم لوحظ زيادة قيمة العزل الكهربى حتى تركيز ٤،. و ٥،. على الترتيب تم تقل بزيادة التركيز لكل منهما. و بدراسة تأثير الضغط على بعض العينات المحضرة تبين بشكل عام ان زيادة الضغط المؤثرة تقل قيمة المقاومة النوعية للعينة خاصة فى حالة التيتانيوم فيريت ذو التركيز ٤،. و عند الليثيوم فيريت ذو التركيز ٨،. بينما ظهر الانخفاض فى المقاومة النوعية للجرمانيوم فيريت عند تلركيز ٦،.

و بخصوص العينات المحضرة بتقنية الأغشية الرقيقة باستخدام الليزر فقد اظهرة النتائج ان التوصيل الفوتونى يزداد بزيادة تركيز التيتانيوم حتى تركيز ٣،. ثم ينقص مرة أخرى بزيادة التيتانيوم . كما لوحظ زيادة التوصيل الفوتونى بزيادة أنصاف أقطار العناصر الأيونية المستخدمة فى مركب الفيريت . و لقد تبين للطالب ان التيتانيوم ذو التركيز ٣،. يمكن أستخدامة كمجس ضوئى فى المدى بين ٢٠٠-٨٠٠ نانوميتر.

و حيث أن الطالب أطلع بصورة جيدة على كل الموضوعات الهامة فى التخصص بالاضافة الى توصل الطالب الى العديد من النتائج الهامة و التى لها تطبيقات فى الصناعة. الأمر الذى أعطى أهمية للرسالة حيث تعتبر مرجعا هاما لكل المشتغلين فى هذا المجال

لذلك نوصى بمنح الطالب / على حسن على أحمد مغربى درجة الماجيستير فى الفيزياء من المعهد القومى لعلوم الليزر جامعة القاهرة

التوقيع

أ.د/ مصطفى محمد السيد محمد
أستاذ الفبزياء بكلية التربية
جامعة عين شمس
الممتحن المصرى

تقرير جماعى

عنوان الرسالة : تحسين الخواص الكهربية و التوصيلية الضوئية لشريحة من الفيريت ($Cu_{1+x}M_xFe_{2-2x}O_4$; M (Ge, Li, and Ti
المحضرة بواسطة الترسيب بالليزر بحيث يمكن استخدامة كمجس ضوئى و ضغطى

تحتوى الرسالة على أربعة أبواب رئيسية:

يحتوى الباب الاول على مسح شامل لكل الأبحاث العلمية التى لها علاقة مباشرة و غير مباشرة برسالة الطالب و يحتوى على عدد كافى من المراجع العلمية الى جانب احتواء نفس الباب على الخلفية النظرية لكل ما يتعلق بالرسالة حيث تم كتابتة بوضوح و مدعم بعدد كافى من المراجع و الدوريات العلمية.

يحتوى الباب الثانى على شرح التركيب البللورى للفيريتات المختلفة بالمعادلات الرياضية المستخدمة فى حساب اليوزيع الكاتيونى و وحدة الخلية. كما يحتوى على تطبيقات الفيريتات سواءا فى تكنولوجيا الات٠٠الات و أجهزة الكمبيوتر و ظاهرة التوصيل الكهربى بالضغط و استخداماتة فى الصناعة كما أوضح أهمية استخدام الاغشية الرقيقة فى حياتنا اليومية.

يحتوى الباب الثالث على جميع التقنيات العملية التى استخدمها الطالب و كتبت بوضوح بالاضافة الى طرق التحضير الختلفة للعينات الخاصة بالرسالة و أثبت أن العينات حضرة بطريقة صحيحة.

يحتوى الباب الرابع على النتائج و مناقشتها و قد أظهرت تفسيرات نتائج حيود الاشعة السينية و تحليل الأشعة تحت الحمراء تكون المركبات المحضرة فى صورتها الصحيحة. كما أظهرة نتائج ثابت العزل الكهربى للمركبات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة كدالة فى فى التردد ان العزل الكهربى لفيريت التيتانيوم يقل مع تركيز التيتانيوم ٥،. بينما فى كل من فيريت الجرمانيوم و الليثيوم لوحظ زيادة قيمة العزل الكهربى حتى تركيز ٤،. و ٥،. على الترتيب تم تقل بزيادة التركيز لكل منهما. و بدراسة تأثير الضغط على بعض العينات المحضرة تبين بشكل عام ان زيادة الضغط المؤثرة تقل قيمة المقاومة النوعية للعينة خاصة فى حالة التيتانيوم فيريت ذو التركيز٤،. و عند الليثيوم فيريت ذو التركيز ٨،. بينما ظهر الانخفاض فى المقاومة النوعية للجرمانيوم فيريت عند تلركيز ٦،.

و بخصوص العينات المحضرة بتقنية الأغشية الرقيقة باستخدام الليزر فقد اظهرة النتائج ان التوصيل الفوتونى يزداد بزيادة تركيز التيتانيوم حتى تركيز ٣،. ثم ينقص مرة أخرى بزيادة التيتانيوم . كما لوحظ زيادة التوصيل الفوتونى بزيادة أنصاف أقطار العناصر الأيونية المستخدمة فى مركب الفيريت . و لقد تبين للطالب ان التيتانيوم ذو التركيز ٣،. يمكن أستخدامة كمجس ضوئى فى المدى بين ٢٠٠-٨٠٠ نانوميتر.

و حيث أن الطالب أطلع بصورة جيدة على كل الموضوعات الهامة فى التخصص بالاضافة الى توصل الطالب الى العديد من النتائج الهامة و التى لها تطبيقات فى الصناعة. الأملر الذى أعطى أهمية للرسالة حيث تعتبر مرجعا هاما لكل المشتغلين فى هذا المجال

لذلك نوصى بمنح الطالب / على حسن على أحمد مغربى درجة الماجيستير فى الفيزياء من المعهد القومى لعلوم الليزر جامعة القاهرة

Index

Index	i
Acknowledgement	v
Dedication	vi
The Aim of Present Work	vii
Abstract	viii
Chapter One	1
1. A: Survey to the Previous Work	1
1. B: Theoretical Background	32
1. B.1: Electrical Properties	32
1.B.1.1: Dependence of Resistivity on Temperature and Composition	33
1.B.1.2: Frequency Dependence of ε' and σ	33
1. B.2: Conduction Mechanism in Ferrites	37
1. B.2.1: Tunneling Model	37
1. B.2.2: The Hopping Model	38
1. B.2.3: Polarons in Molecular Crystals	39
1. B.2.4: Verway Conduction Mechanism	40
1. B.2.5: Small Polaron Model	41
1. B.3: Dielectric Properties	41
1. B.3.1: Electronic Polarization	42
1. B.3.2: Orientational polarization	43
1. B.3.3: Ionic Polarization	43
1. B.3.4: Atomic Polarization	44
1. B.3.5: Interfacial Polarization	44
1. B.3.6: Dipolar Polarization	44
1. B.3.7: Maxwell Wagner Polarization	44
1. B.4: Preparation of Magnetic Ceramics	45
1. B.4.1: Powder Preparation	47
1. B.5: Optical Properties of ferrite	49

1. B.5.1: Photo Conductivity	49
1. B.5.2: Transient Photo Conductivity	50
1. C: Methods of Thin Film Production	52
1. c. 1: Introduction	52
1. c. 2: Thermal Evaporation	52
1. c. 3: Sputtering Technique	52
1. c. 4: PLD Pulsed Laser Deposition	53
1. c. 4. a: Laser Deposition System	55
1. c. 4. b: Optical Elements	56
1. c. 4. c: Laser Windows	57
1. c. 4. d: Chambers	57
1. c. 4. e: Target Manipulation	58
1. c. 4. f: Substrate Holder and Heater	59
1. c. 5: Chemistry of Thin Film	59
1. c. 6: Laser Fluence	59
1. c. 7: Laser Wavelength	60
Chapter Two	61
Crystal Structure and Applications	61
2. A. Crystal Structure of Ferrites	61
2. A. 1: Introduction	61
2. A. 2: Types of Ferrite	61
2. A.3: Normal, Inverse and Mixed Ferrites	62
2. A.4: The oxygen Parameter (u):	63
2. A. 5: Factors Affecting the Ferrite Structure	65
2. A. 5. 1: Cation Distribution in Ferrites	65
(a) The Ionic Radius	65
(b) The Electronic Configuration	65
(c) The electrostatic Energy	66
2. A. 5. 2: Distribution of Metal Ions	66
2. A. 6: Crystal Structure	67
2. A. 7: Methods of Cation Distribution Investigation	69

2. B: Ferrites Applications	70
2. B.1: Ferrite Isolators	70
2. B.2: Ferrite Circulators	71
2. B.3: Ferrite Phase Shifter	72
2. B.4: Ferrite Thin Film Applications	72
2. B.4.1: Bubble Memory Devices	73
2. B.4.2: Magneto Optical Memory	73
2. B.5: Ferrites as a Circuit Tunning	74
2. B.6: Ferrites as Nonlinear Circuit Element	74
2. B.7: Piezo Magnetic Ferrites	75
2. B.8: Ferrites for Recording Head	76
2. B.9: Square Loop Ferrites	77
2. B.10: Miscellaneous Application	77
2. B.10.1: EMI Filter	78
2. B.10.2: Ferrite Choke	79
2. B.10.3: Ferrites in Relays	79
2. B.10.4: Ferrite Cores	80
2. B.11: Application of Ferrite Thin Film	81
Chapter Three	82
Experimental Techniques	82
Introduction	82
3.1: Preparation of the Sample using Standard Ceramic Technique	82
3.2: Thin Film Preparation	83
3.3: Spectroscopic Measurements	83
3.3.1: X-Ray Measurement	83
3.3.2: IR Measurements	84
3.4: Electrical Properties Measurements	85
3.4.1: A.C. Conductivity Measurements	85
3.4.2: Seebeck Coefficient	86

3.4.3: Effect of Pressure	87
Chapter Four	89
Results and Discussion	89
4.1: X-Ray Analysis	89
4.2: IR Spectral Analysis	96
4.3: Dielectric Properties	105
First Group	105
4.3.1: Dielectric Constant (ε'):	105
4.3.2: Dielectric Loss Factor (ε''):	110
4.3.3: AC Conductivity	113
Second Group	117
4.3.4: Dielectric Constant (ε'):	117
4.3.5: Dielectric Loss Factor (ε''):	120
4.3.6: AC Conductivity	120
Third Group	128
4.3.7: Real Part of Dielectric Constant (ε')	128
4.3.8: Dielectric Loss Factor (ε''):	131
4.3.9: AC Conductivity	131
4.4: Seebeck Coefficient Results	142
4.5: Pressure Results	149
4.6: Photoconductivity Results	156
Conclusion	161
Reference	162