دراسة أثر التشعيع على الخصائص التركيبية والكهربائية للوصلات الثنائية من الأغشية الرقيقة لتلوريد البزموث مع السيليكون(BiTe-Si)

رسالة مقدمة لقسم الفيزياء ضمن متطلبات الحصول على درجة الماجستير في العلوم
تخصص "فيزياء الجوامد التجريبية"

إعداد
شروق وصل راجح الردادي

إشراف
د.فاطمة سالم باهبري
أستاذ مشارك فيزياء جوامد تجريبية

جامعة الملك عبد العزيز
كلية التربية للبنات بجدة-الأقسام العلمية

صفر ١٤٣٠هـ
فبراير٢٠٠٩م

Study of the Effect of Irradiation on Structural and Electrical Properties of Junctions from Bismuth Telluride Thin Films with Silicon(BiTe-Si)

A thesis Submitted for the Master degree in Science

by
Shoroog Wasel Al-raddadi

Supervised by
Dr.Fatma Salem Bahabri

Girls College of Education-Scientific Sections
King Abdulaziz University
Jeddah-Saudi Arabia
1430H-2009G

\

قـائـمـــة الـمـحـتـويـــات

صفحة

نموذج إجازة الرسالــة أ

الـمستخـلـــص العربـي ب

الـمستخـلـــص الإنجليزي د

شـكـــر و تـقـديـــر و

الـــمـــقـــدمـــــــة ز

قـائـمـة الـمـحـتـويـات ط

قـائـمـة الأشـــكـــــال ل

قـائـمـة الـــجـــداول ص

الفصل الأول:المسح المرجعي ١

(1-1) الخصائص التركيبية ١

(1-2) الخصائص الكهربائية الإنتقالية ٩

(1-3) أثرالإشعاع على أشباه الموصلات ١٣

الفصل الثاني: التقنيات المعملية ٢٢

(2-1) تحضير الأغشية الرقيقة من ثالث ثالث تلوريد البزموث ٢٣

(2-2) تقنيات قياس السمك للأغشية الرقيقة ٢٥

(2-2-i) مقياس السمك الرقمي باستخدام الرنين لبلورة من الكوارتز ٢٦

(2-2-ii) طريقة التداخل الضوئي لتعيين سمك الأغشية الرقيقة ٢٨

(2-3) تقنية دراسة التركيب البلوري لثالث تلوريد البزموث بحيود الأشعة السينية..... ٣١

(2-4) تقنيات قياس الخصائص الكهربائية الإنتقالية للأغشية الرقيقة من ثالث تلوريد البزموث ٣٣

(2-4-i) قياس المقاومية في حالة الإظلام لأغشية رقيقة من ثالث تلوريد البزموث Bi_2Te_3 كدالة في سمك الأغشية ودرجة حرارتها ٣٥

(2-5) تحضير وقياسات الوصلات الثنائية الغير متجانسة من ثالث تلوريد البزموث/ سيليكون ٣٨

(2-5-i) قياس منحنيات التيار – جهد – درجة الحرارة ٣٩
(2-5-ii) قياس منحنيات التيار – جهد في حالة الإضاءة ٤٢
(2-5-iii) قياس منحنيات السعة –جهد للوصلات الثنائية غير المتجانسة..... ٤٢
(2-6)التشعيع بجاما... ..... ٤٦
الفصل الثالث: الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من ثالث تلوريد البزموث ٤٩
الفصل الرابع: الخصائص الكهربائية الإنتقالية للأغشية الرقيقة وبعض خصائص
الوصلات الثنائية من ثالث تلوريد البزموث ٧٧
(4-1)الخصائص الكهربائية الانتقالية للأغشية الرقيقة ثالث تلوريد البزموث..... ٧٧
(4-2)المقاومة النوعية الكهربائية ρ للأغشية الرقيقة من ثالث تلوريد البزموث..... ٧٧
(4-3)المنحنيات المميزة للوصلات الثنائية المتغايرة للنظام n ثالث تلوريد البزموث مع
السيليكون من النوعين n و p ٨٣
(4-3-a)منحنيات (التيار – جهد) المميزة في حالة الإظلام للوصلة الثنائية
n- Bi_2Te_3 /p& n-Si ٨٨
(4-3-i)حساب نسبة التقويم للوصلات الثنائية المتغايرة
n- Bi_2Te_3 / n-Siو n- Bi_2Te_3 /p –Si ٨٩
(4-3-ii)تعيين معامل الجودة ('n) للوصلات الثنائية المتغايرة
n- Bi_2Te_3 / n-Si و n- Bi_2Te_3 /p –Si ٩٤
(4-3-iii) تعيين تيار التشبع العكسي للوصلات الثنائية المتغايرة
n- Bi_2Te_3 / n-Si و n- Bi_2Te_3 /p –Si ١٠١
(4-3-iv)تعيين طاقة التنشيط(Δ E) للوصلات الثنائية المتغايرة
n- Bi_2Te_3 / n-Si و n- Bi_2Te_3 /p –Si ١٠٥
(4-3-v)تعيين تيار حاجز جهد شوتكي وآليات التوصيل للوصلات الثنائية المتغايرة
n- Bi_2Te_3 / n-Si و n- Bi_2Te_3 /p –Si ١٠٩
(4-3-vi)سعة الوصلات الثنائية المتغايرةn- Bi_2Te_3 / n-Si و n- Bi_2Te_3 /p –Si..... ١١٦
(4-4)أثرالتشعيع على الوصلات الثنائيةn-Bi_2Te_3/p-Si & n-Bi_2Te_3/n-Si ١٢٥
(4-4-i)منحنيات (التيار – جهد) المميزة في حالة الإظلام والإضاءة للوصلة الثنائية
n- Bi_2Te_3 /p& n-Si بعد التشعيع ١٢٥

المناقشة العامة والمستخلصات ١٥٢
المراجع ١٥٥
الملخص باللغة الإنجليزية ١٦٠
الملاحق ١٦٣

المستخلص العربي

تهتم هذه الرسالة بدراسة الخصائص التركيبية والكهربائية للأغشية الرقيقة من مركب Bi_2Te_3 نانومتر ، والتي تم تحضيرها بتقنية التبخير 93.7 - 493 وبسمك مختلف يتراوح من تور. بإستخدام مبخر من الموليبيدنيوم على حوامل مستوية ونظيفة 10^{-5}الحراري في جو مفرغ من الزجاج لدراسة البنية التركيبية البلورية، وكذلك لدراسة الخصائص الكهربائية الأنتقالية،وتم تحضير الأغشية الرقيقة على الحاملات عند درجة حرارة الغرفة وبمعدل ترسيب ثابت 2.5 ثانية، وعلى رقائق من السيليكون الموجب/نانومتر لدراسة بارامترات n - Si والسالب p- Si الوصلة في حالة الإظلام والإضاءة.

في حالتية كمسحوق Bi_2Te_3تمت دراسة الخصائص التركيبية لمركب تلوريد البزموث وكأغشية رقيقة بإستخدام التحليل لهدب الحيود بالأشعةالسينية ،حيث أظهرت نتائج الحيود بالأشعة السينية عن المسحوق أنه يتبلور في النظام السداسي وبثوابت بلورية :

$$a = 4.45\ \text{Å} \quad , \quad c = 30.47\ \text{Å}$$

بعد تلدينها لها طبيعة بلورية متعددة التبلور أيضاً Bi_2Te_3 أن الأغشية الرقيقة من و كذلك أظهرت . وتزداد درجةالتبلور بازدياد التلدين

وتم كذلك تشعيع الأغشية الرقيقة بأشعة جاما بجرعات مختلفة ٥٠،٢٠٠،٥٠٠ كيلو بعد Bi_2Te_3جراي، ثم فحصت بحيود الأشعة السينية وأظهرت النتائج أن الأغشية الرقيقة من تعريضها لأشعة جاما لها طبيعة بلورية متعددة التبلور أيضاً ،ويزداد التبلور بازدياد جرعة التشعيع،بمعنى أن أثر التشعيع مشابه لأثر التلدين ، وبدون حدوث تلفيات للأغشية الرقيقة بدليل محافظة الأغشية على نفس المستويات المحددة بالتلدين.

وكما تم دراسة الخصائص الكهربائية الأنتقالية، مثل المقاومة النوعية الكهربائية للأغشية والمرسبة على حوامل زجاجية ،وتم اختيار الألومنيوم كوصلة Bi_2Te_3الرقيقة من هذا المركب يوضح 1000/T كدالة في $\log \rho$أومية لهذه الأغشية الرقيقة.وقد وجد أن التمثيل البياني للعلاقة

ΔE_2 ،ΔE_1 وجود جزئين مستقيمين يدلان على وجود طاقتي تنشيط حراري هما ΔE_2 حيث ترجع ΔE_1 ترجع إلى التوصيل الذاتي و ΔE_2 إلى التوصيل بالشوائب.

كما تم دراسة دراسة الخصائص المميزة (تيار – الجهد) و الخصائص المميزة (السعة – الجهد) للوصلات المتغايرة Bi_2Te_3/p-Si-Al) (Au-n- و Bi_2Te_3/n-Si-Al) (Au-n-) ومن هذه الدراسة تم تعيين بارامترات للوصلة:

١) جهد البناء الداخلي V_b.

٢) عرض منطقة الإستنزاف W_{max} .

٣) معامل الجودةللوصلة $\dot{n}$.

٤) مقاومة التسلسل R_s لكل منهما.

٥) مقاومةالتجزئةR_{sh} .

٦) ارتفاع حاجز الجهد φ_b.

٧) عامل التقويم R.R.

تم تعريض الوصلات الثنائية الغير متجانسة لأشعة جاما بجرعة ١٠ و٥٠ كيلوجراي وكذلك وتم دراسة أثر التشعيع على الوصلات الثنائية من خلال دراسة الخصائص المميزة لها (تيار – الجهد) قبل وبعد التشعيع في حالة الإظلام والإضاءة .

المناقشــة والمستخلصات

General Discussion and Conclusions

يمكن تلخيص أهم النتائج المستخلصة من هذه الرسالة فيما يلي:

أ - الخصائص التركيبية البلورية:

١. أوضحت نماذج هدب الحيود بالأشعة السينية عن مسحوق تلوريد البزموث أنه متعدد التبلور polycrystalline في النظام السداسي Hexagonal وبثوابت بلورية لوحدة الخلية:

$$a = 4.45 \text{ Å} \ , \quad c = 30.47 \text{ Å}$$

٢. أوضحت نماذج هدب الحيود بالأشعة السينية عن الأغشية الرقيقة من ثالث تلوريد البزموث والمحضرة بتقنية التبخير الحراري المعتاد في جو مفرغ على حوامل من الزجاج الأمورفي، والمقاسة في درجة حرارة الغرفة أن المادة متبلورة في النظام السداسي، وأن هناك إتجاه مفضل للإنماء عند المستوى (٠١٥) متطابق مع الإتجاه المفضل للإنماء في الكارت القياسي عند السمك 241.6,93.7 nm، أما بالنسبة للسمك 149.5 nm له إتجاه مفضل للإنماء عند المستوى (١٠١)،و للسمك493nm عند المستوى (٠١١١).

٣. وبعد تلدين هذه الأغشية الرقيقة من ثالث تلوريد البزموث Bi_2Te_3 عند درجة حرارة٣٧٣ و٤٧٣ كلفن ولمدة ساعتين يتضح أن درجة التبلور تزداد، وأن الإتجاه المفضل للإنماء للسمك241.6 nm عند المستوى (٠١٥)، و للسمك 149.5 nm عند المستوى (١٠١) لم يتغير بعد التلدين على العكس من السمك93.7nm و 493nm الذي أصبح الإتجاه المفضل للإنماء لهما عند المستوى (٠٠٦).

٤. تم تعريض الأغشية الرقيقة من ثالث تلوريد البزموث ذات السمك 93.7 و 149.5نانومتر لأشعة جاما بجرعة ٥٠ و٢٠٠ و٥٠٠ كيلو جراي ، وأظهرت نتائج هدب حيود الأشعة السينية أنه تزداد درجة التبلور بازدياد جرعة التشعيع، أي أن التشعيع لم يغير في التركيب البلوري لثالث تلوريد البزموث.وظهراتجاه مفضل للإنماء بعد التشعيع حال دون معرفته عدم وجودقيمته في الكارت القياسي.

ب- الخصائص الكهربائية الإنتقالية:

١. أوضحت قياسات المقاومة النوعية الكهربائية ρ في حالة الإظلام ، اعتمادها على سمك الأغشية الرقيقة ،حيث تتناقص المقاومة النوعية ρ بزيادة السمك (139.2,93.7 ,241.6 نانومتر).

٢. دراسة المقاومة النوعية الكهربائية ρ كدالة في مقلوب درجة حرارة العينات ،و أعطت خطين مستقيمين مختلفين في الميل ،وهذا هو السلوك الطبيعي لأشباه الموصلات ،ومن ميل هذه الخطوط المستقيمة ، أمكن استنتاج طاقتي التنشيط الحراري ΔE_1, ΔE_2 ، وهذا مما يدل على ان هناك آليتي توصيل إحداهما توصيل ذاتي والآخرتوصيل غير ذاتي.

ج- دراسة الوصلات الثنائية المكونة من السيليكون من النوعين n والمرسب عليها مادة p

Bi_2Te_3:

١. تمت دراسة المنحنيات للتيار – جهد ، والسعة- جهد للوصلات الثنائية غير المتجانسة من الأغشية الرقيقة منBi_2Te_3 من النوع السالبn-type (والذي تم التأكد منه بالقياس والمرسبة على حوامل من السيليكون من النوعين الموجبp والسالب n) ،وذلك لإستنتاج بارامترات الوصلة والتي تحدد أدائها وكانت على النحو الآتي:

١) جهد البناء الداخلي V_b.

٢) عرض منطقة الإستنزاف W_{max} .

٣) معامل الجودة للوصلة ṅ.

٤) مقاومة التسلسل R_s لكل منهما..

٥) مقاومةالتجزئةR_{sh} .

٦) ارتفاع حاجز الجهد φ_b.

٧) عامل التقويم R.R.

149.5 و 293.7- تم دراسة أثر التشعيع بأشعة جاما على الوصلات غير المتجانسة ذات السمك نانومتر بجرعة ١٠و٥٠ كيلوجراي من خلال دراسة منحنيات التيار – الجهد لها قبل 203و التشعيع وبعده في حالتي الإظلام والإضاءة، وأظهرت النتائج أن الموصلية الكهربائية للوصلات تزداد بزيادة الجرعة الإشعاعية، وكذلك تزدادالموصلية بعد تعرض الوصلات للإضاءة سواء قبل التشعيع أوبعده، وكذلك يعد عامل الزمن مهم في قياس الموصلية حيث أن اثر الإشعاع يزول بعد نانومتر والمساحة203.7فترة معينة.وتم ملاحظة ظاهرة الفتح والإغلاق في الوصلة ذات السمك بشكل واضح في حالتي الإظلام والإضاءة بعد تعرضها لجرعة ٥٠ كيلو جراي وذلك مما $2\ cm^2$ يؤهلها للأستخدام كمفتاح كهربائي switch.

Abstract

The object of this thesis was devoted to study the crystal structural and electrical transport properties of Bismuth Telluride thin films. For this purpose, high purity Bi_2Te_3 is thermally evaporated from molybdenum boat in a vacum of 10^{-5} Torr, onto glass substrates for structural and electrical transport measurements .The X- ray diffraction patterns of powder Bi_2Te_3 showed polycrystalline structural of Hexagonal phase with lattice constants of:

$$a = 4.45 \text{ Å} \quad , \quad c = 30.47 \text{ Å}$$

The X- ray diffraction patterns of Bi_2Te_3 thin films showed the crystal structural of Hexagonal system and they have prefere orientation (015),(101) and (01$\underline{11}$). the annealing effect is increase the degree of crystallinity. The effect of gamma irradiation on Bi_2Te_3 thin films was studied at doses 50,200,500 kGy. the X- ray diffraction patterns of Bi_2Te_3 thin films showed that the degree of crystallininty increase as the doses increase. The electrical transport properties such as electrical resistivity ρ was studied films of different thickness as deposited.It was found that the electrical resistivity of Bi_2Te_3 films is strongly affected by the sample temperature, the heat treatment and film thickness. Bi_2Te_3 films showed semiconducting behavior. The dependence of electrical resistivity on film thickness showed that the electrical resistivity decrease as the film thickness increase.

The two activation energies ΔE_1, ΔE_2 of the free charge carriers for Bi_2Te_3 samples was calculated using the electrical resistivity data at different temperature for different thickness was found that the activation energy decrease as the film thickness increase. Both the current-voltage characteristics and capacitance - voltage characteristics of n- Bi_2Te_3 / p- Si and n- Bi_2Te_3 / n- Si heterojunctions were studied through out this study some of the following parameters were determined in each heterojunctions:

1. The rectification ratio R.R.
2. Series resistance R_s short circuit resistance R_{sh}
3. Reverse saturation current I_s.

4. Diode quality factor n`.
5. The built in voltage V_b
6. The width of the depletion region W_{max}.
7. Barrier height φ_b.

Finally, the current-voltage characteristics of n- Bi_2Te_3 / p-Si and n-Bi_2Te_3 /n-Si heterojunctions were studied after irradiation at doses 10, 50 kGy.It was found that the electrical conductivity increase as the doses increase.

Summary

The object of this thesis was devoted to study the crystal structural and electrical transport properties of Bismuth Telluride thin films. For this purpose, high purity Bi_2Te_3 is thermally evaporated from molybdenum boat in a vacum of 10^{-5} Torr, onto glass substrates for structural and electrical transport measurements .

The X- ray diffraction patterns of powder Bi_2Te_3 showed polycrystalline structural of Hexagonal phase with lattice constants of:

$$a = 4.45 \text{ Å} \quad , \quad c = 30.47 \text{ Å}$$

The X- ray diffraction patterns of Bi_2Te_3 thin films showed that the crystal structural of Hexagonal system and they have prefere orientation (015),(101) and (01$\underline{1}$1). the annealing effect is increase the degree of crystallinity.

The effect of gamma irradiation on Bi_2Te_3 thin films was studied at doses 50,200,500 kGy. the X- ray diffraction patterns of Bi_2Te_3 thin films showed the degree of crystallininty increase as the doses increase.

The electrical transport properties such as electrical resistivity ρ was studied for films of different thickness as deposited.

It was found that the electrical resistivity of Bi_2Te_3 films is strongly affected by the sample temperature, the heat treatment and film thickness. Bi_2Te_3 films showed

semiconducting behavior. The dependence of electrical resistivity on film thickness showed that the electrical resistivity decrease as the film thickness increase.

The tow activation energies ΔE_1, ΔE_2 of the free charge carriers for Bi_2Te_3 samples was calculated using the electrical resistivity data at different temperature for different thickness was found that the activation energy decrease as the film thickness increase.

Both the current-voltage characteristics and capacitance - voltage characteristics of n- Bi_2Te_3 / p- Si and n- Bi_2Te_3 / n- Si heterojunctions were studied through out this study some of the following parameters were determined in each heterojunctions:

1. The rectification ratio R.R.
2. Series resistance R_s short circuit resistance R_{sh}
3. Reverse saturation current I_s.
4. Diode quality factor n`.
5. The built in voltage V_b
6. The width of the depletion region W_{max}.
7. Barrier height φ_b.

Finally, the current-voltage characteristics of n- Bi_2Te_3 / p-Si and n-Bi_2Te_3 / n-Si heterojunctions were studied after irradiation at doses 10, 50 kGy.It was found that the electrical conductivity increase as the doses increase.