الإنماء البلوري والملامح المميزة لمركبات أشباه الموصلات سداسي الإنديوم سباعي الكبريت وسداسي الإنديوم سباعي السيلينيوم

إعداد

جازي عبدالله محمد عبدالواحد

اشراف

أ.د.نجات توفيق عباس حسين

المستخلص

لقد كان تطور علم أشباه الموصلات في القرن الماضي بمثابة ثورة شاملة وكانت الحقبة الأخيرة منه على قمة التطور التكنولوجي لما شهدته من وفرة الاكتشافات وتعددها وتنوعها. ولما كان التطور التقني الكبير المصاحب لهذه الابتكارات في حاجة دائمة إلى نوعيات خاصة جداً من مواد أشباه الموصلات التي لها صفات محسنة ، يستلزمها نجاح المشروعات الصناعية الضخمة التي يقوم بها خبراء التكنولوجيا في العالم . لذا فإن أشباه الموصلات البلورية تعد هدفاً تسعى إليه تقنية الصناعات الإلكترونية الحديثة .

من أشباه الموصلات الواعدة بالكثير من التطبيقات الصناعية الهامة ، المركبات التي تحوي عناصر من المجموعة الثالثة والسادسة من الجدول الدوري ، لما لها من خصائص متميزة تبشر باستخدامات متعددة .

لذا اتجهت الأبحاث والدراسات المكثفة على المركب الثنائي الشالكوجنيدي In_6S_7 والمركب الثنائي الشالكوجنيدي In_6Se_7 من بين المركبات التي يحتويها النظام In-S والنظام In-Se لقصور الدراسات عليهما وندرتها في أحيان أخرى ولصعوبة تحضير المركب In_6Se_7 في صورة أحادية التبلر كما ذكرت المراجع العلمية الحديثة .

لذا كان الهدف من هذه الدراسة هو تحضير هذين المركبين في صورة أحادية التبلر باستخدام تصميم متميز سبق تجهيزه محليا بواسطة فريق البحث في معمل الإنماء البلوري ودراسة الخواص الفيزيائية لبلورات أشباه الموصلات في كلية العلوم للبنات جامعة الملك عبدالعزيز.

استخدمت مواد عالية النقاء لتحضير هذين المركبين ، وكانت نسبة الإنديوم 75.4286% ونسبة الكبريت 24.5714% في المركب سداسي الإنديوم سباعي الكبريت وكانت نسبة الإنديوم 55.4847% ونسبة السيلينيوم 44.5153% في المركب سداسي الإنديوم سباعي السيلينيوم .

تمَّ التعرف على المركبين الناتجين من التحضير وتم التأكد من وجودهما في طور بلوري نقي وخالي من وجود أطوار أخرى وذلك عن طريق إجراء تحليل بالأشعة السينية ودراسة مخطط الحيود وبمقارنته بالكروت العيارية .

أجريت قياسات الموصلية الكهربائية المستمرة ومعامل هول باستخدام كريوستات زجاجي مصمم خصيصا لهذا الغرض يسمح بالقياس في مدى حراري واسع تحت تفريغ مناسب ومن خلاله أمكن قياس الموصلية الكهربائية ومعامل هول في نفس الوقت .

وأظهرت نتائج القياس بالنسبة للمركب الأول In_6S_7 :-

- المركب يسلك سلوك أشباه الموصلات وأنه من النوع ذو التوصيلية الموجبة وله فجوة طاقة $0.72\ eV$.
- أمكن تحديد موضع مستوى الشوائب الذي وجد أنه يقع على بعد $0.11\ eV$ من قمة منطقة التكافؤ .
- بحثت العلاقة بين الموصلية الكهربائية ومعامل هول وتركيز حوامل التيار وأيضا انسياقية حوامل التيار ودرجة الحرارة وتمت مناقشة النتائج وتحليلها وتفسيرها في ضوء النظريات التي تعالج هذه الظواهر والعلاقات الرياضية التي تحكمها .

أما بالنسبة للمركب الثاني In_6Se_7 فأظهرت نتائج القياس التالي :-

- المركب شبة موصل من النوع p-type وسلوك الموصلية الكهربائية مع درجة الحرارة تؤكد ذلك وأن اتساع النطاق المحظور يساوي $0.8\ eV$.
- الشوائب المستقبلة الموجودة في هذا المركب يظهر تأثيرها في درجات الحرارة المنخفضة وأمكن تحديد مستوى الشوائب المستقبلة ووجد أنها تقع على بعد $0.07\ eV$ من قمة منطقة التكافؤ .
- أظهرت العلاقات بين الموصلية الكهربائية ودرجة الحرارة ومعامل هول ودرجة الحرارة وأيضا تأثير درجة الحرارة على كثافة الحوامل الحرة تطابق كبير في النتائج المستخلصة منها والنتائج السابق نشرها وأمكن التعرف على ميكانيكية التبعثر الحادث في درجات الحرارة المختلفة وتمت مناقشة النتائج وتفسيرها وتحليلها في ضوء النظريات والعلاقات الرياضية التي تحكم تلك الظواهر .

كما أجريت قياسات القدرة الكهروحرارية في مسعر اسطواني نحاسي مفرغ مصمم لهذا الغرض وأُجريت القياسات في مدى حراري واسع وأظهرت نتائج القياسات ما يلي بالنسبة للمركب الأول In_6S_7

- أكدت النتائج ما أظهره معامل هول من وجود شوائب مستقبلة أي أن التوصيل يتم بواسطة الثقوب .
- أمكن تحديد قيمة حركية حوامل التيار الأقلية كما تم تعيين الكتلة الفعالة للإلكترونات والثقوب
- تمَّ حساب معامل الانتشار للإلكترونات والثقوب كما تم تعيين زمن الاسترخاء لهما .
- تمَّ تقدير طول مسار الانتشار لحوامل التيار الحرة كما تم التعرف على شكل الاستحقاق الكهروحراري ووجد أن قيمته تدل على كفاءة المركب للاستخدام كعنصر كهروحراري .

أما بالنسبة للمركب الثاني In_6Se_7 فإن نتائج القياس كانت كالتالي :-

- هناك تطابق بين ما تم الوصول إليه من دراسة ظاهرة هول والقدرة الكهروحرارية من ناحية تحديد هوية التوصيل بالثقوب الموجبة .
- تمَّ حساب انسياقية حوامل التيار الأقلية كما تم تعيين قيمة الكتلة الفعالة لحوامل التيار الأقلية والأغلبية .
- أمكن تحديد قيمة معامل الانتشار لحوامل التيار سواء من الفجوات أوالإلكترونات كما تم حساب زمن الاسترخاء لهما .
- تمَّ تقدير طول مسار الانتشار للإلكترونات والثقوب وتم تحديد قيمة الاستحقاق الكهروحراري الذي أكد على أن هذا المركب يمكن استخدامه كعنصر كهروحراري جيد في أجهزة تحويل الطاقة واستخلاصها .

كما شملت الدراسة أيضاً استقصاء ومتابعة ظاهرة القطع والتوصيل والتعرف على عناصرها والعوامل التي تتحكم في حدوث هذه الظاهرة وأظهرت نتائج القياس الآتي :

بالنسبة للمركب الأول In_6S_7

- أن هذه الظاهرة تحدث في هذا المركب وهي من النوع المصحوب بوجود ذاكرة .
- أن هذه الظاهرة لها نفس الشكل والتماثل قبل وبعد عكس القطبية .

- تتميز علاقة الجـهد -التـيار في هذا المركب بوجود منطقتين إحداهما تعبر عن المنطقة ذات المقاومة العالية والأخرى تعبر عن المنطقة ذات المقاومة المنخفضة .
- تظهر في هذا المركب ظاهرة القطع والتوصيل ذات الهيئة المميزة من النوع S-shape
- درست العوامل المؤثرة على حدوث هذه الظاهرة ووجد أنها ذات حساسيـة شديدة للحرارة وشدة الاستضاءة ، كما أن سمك العينة يؤثر على حدوثها .
- تم تحديد العناصر الرئيسية المستنبطة من هذه الظاهرة وبُحث تأثر هذه العناصر بالظروف المحيطة بالعينة .

وبالنسبة للمركب الثاني سداسي الإنديوم سباعي السيلينيوم

- ثبت بما لا يدع مجالا للشك حدوث ظاهرة القطع والتوصيل وأنها من النوع المصحوب بوجود ذاكرة .
- الظاهرة لا تتأثر بتغير قطبية الجهد المسلط حيث أن لها نفس الشكل والتماثل قبل وبعد عكس الأقطاب .
- أن هذه الظاهرة تتميز بوجود منطقة ذات مقاومة عالية وأخرى ذات مقاومة منخفضة .
- الهيئة المميزة لهذه الظاهرة أنها على شكل S-shape .
- هذه الظاهرة في هذا المركب ذات حساسية شديدة وتأثر واضح بالحرارة وشدة الاستضاءة كما أن سمك العينة يؤثر على حدوث هذه الظاهرة .
- العناصر المستنبطة من هذه الظاهرة سواء جهد العتبة أو تيار العتبة وجهد الإمساك وتيار الإمساك وقدرة العتبة بالإضافة إلى مجال العتبة وأيضا النسبة بين المقاومة في حالة القطع والمقاومة في حالة التوصيل تتأثر بالظروف المحيطة بالعينة .
- وتعتبر هذه الدراسة هي الأولى من نوعها وتحدد الملامح الرئيسية لهذين المركبين وتلقي الضوء على سلوكهما الفيزيائي ويعزز إمكانية استخدامهما في الكثير من التطبيقات التقنية الحديثة .

Growth and characterization of hexaindium heptaselenide and hexaindium Heptasulfide semiconductor compounds

By

Jazi Abdullah Mohammad Abdulwahed

PROF .DR. Nagat Tawfik Abbas Husien

Abstract

In the past three decades , significant interest in chalcogenides compounds has been shown by various workers because of their interesting physical properties as well as their wide technological applications. Research on binary semiconducting compounds formed by elements from groups (III) and (VI) of the periodic table as a collective group of materials have been and are still the subject of much intensive investigation . Number of semiconductor compounds from the groups $A_6^{III}\ B_7^{VI}$ have been the subject of intensive investigation in recent years as materials having promising properties . So they call the attention of many physicists to explore more and more of their hidden secrets , Among of these materials In_6S_7 and In_6Se_7 have been devoted a particular attention . Single crystal of In_6S_7 and In_6Se_7 were grown in the crystal growth laboratory ,using a special design for crystal growth from melt based on Bridgman technique . The product ingots were identified with x-ray analysis . The study of the Hall effect , electrical conductivity and thermoelectric power as well as switching effect .The investigated samples were p-type conducting for both In_6S_7 and In_6Se_7 , the Hall coefficient yields at room temperature concentration of $7.38x10^{13}$ cm^{-3} and $4.077x10^{12}$ cm^{-3} for In_6S_7 and In_6Se_7 respectively . The band gap was found to be for In_6S_7 ΔE_g=0.72 *eV* while for In_6Se_7 ΔE_g=0.8 *eV*. The ionization energy ΔE_a were estimated as 0.11 *eV* and 0.72 *eV* for In_6S_7 and In_6Se_7 respectively . Hall coefficient R_H for In_6S_7 was $8.47x10^4 cm^3$/coul and for In_6Se_7 at 300° k equal to $1.533x10^6$ cm^3/coul. Hence , a combination of the electrical conductivity and Hall effect measurements enable us to study the influence of temperature on the Hall mobility and to discuss the scattering mechanism of the charge carriers for In_6S_7 and In_6Se_7 .

Also the present investigation involves thermoelectric power measurements of In_6S_7 and In_6Se_7 single crystals, These measurements enables us for the determination of many physical parameters such as carriers mobilities , effective masses of free charge carriers, diffusion coefficients and diffusion lengths , relaxation time of electrons and holes , as well as

the figure of merit . The switching phenomena of our In_6S_7 and In_6Se_7 monocrystals was studied . Current – controlled negative resistance (CCNR) in both In_6S_7 and In_6Se_7 single crystal have been observed for the frist time .It has been found that In_6S_7 and In_6Se_7 exhibits memory switching . The results strongly indicated that the phenomenon in our samples is very sensitive to temperature, light intensity and sample thickness . The current – voltage characteristics is symmetrical with respect to the reverse of the applied voltage and current for both In_6S_7 and In_6Se_7 . The switching parameters of In_6S_7 and In_6Se_7 were checked under the influence of different factors of the ambient conditions .

This mode of investigation (crystal growth and transport properties as well as switching phenomenon) is the ideal way for finding out the possibility of making application for these compounds , especially in the field of energy conversion , devices and electronic engineering .