

ЭФФЕКТ ХОЛЛА В ВЫСОКООМНЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ Sb_2S_3 И Sb_2Se_3
Нуруллаев Ю.Г.¹, Исмаилова Р.Н.², Сармасов С.Н.³ Email:
Nurullayev1146@scientifictext.ru

¹Нуруллаев Юсиф Гушу оглы – доктор физико-математических наук, профессор;
²Исмаилова Радифа Низамиевна – кандидат физико-математических наук, преподаватель;
³Сармасов Сулейман Нуслет оглы – кандидат физико-математических наук, преподаватель,
кафедра общей физики и методики преподавания физики,
Бакинский государственный университет,
г. Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация: в работе измерялась постоянная Холла в сульфиде и селениде сурьмы на переменном токе в температурном интервале 300-500 К. Величина магнитного поля изменялась от нуля до 5кЭ. Монокристаллы Sb_2S_3 и Sb_2Se_3 при 300 К обладают собственной проводимостью и величина удельной электропроводности соответственно равна для $10^{-7} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$ и $5\cdot 10^{-5} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$ вдоль плоскостей спайности. По знаку термоэдс определены знаки носителей заряда. Определена подвижность электронов и дырок, а также концентрации носителей тока.

Ключевые слова: стеклообразные полупроводники, постоянная Холла, подвижность электронов и дырок, концентрации носителей тока, селенид сурьмы и сульфид сурьмы.

THE HOLL EFFECT IN THE HIGH-RESISTANCE MONOCRYSTALS OF Sb_2S_3
AND Sb_2Se_3

Nurullayev Y.G.¹, Ismailova R.N.², Sarmasov S.N.³

¹Nurullayev Yusif Gushu – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor;
²Ismailova Radifa Nizami – Candidate of physical and mathematical sciences, Lecturer;
³Sarmasov Suleyman Nuslet – Candidate of physical and mathematical sciences, Lecturer,
GENERAL PHYSICS AND TEACHING METHODS OF PHYSICS DEPARTMENT,
BAKU STATE UNIVERSITY,
BAKU, REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Abstract: in the work the Holl constant of the sulphide and selenide of the stibium is measured in the alternating field within the temperature interval 300-500 K. The magnetic field was varied from 0 till 5 kA. The monocrystals of Sb_2S_3 and Sb_2Se_3 at 300 K have the intrinsic conductivities and their specific electric conductivity are equal to $10^{-7} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ and $5\cdot 10^{-5} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$, respectively along cleavage planes. Using the sign of the thermoelectricity signs of charge carriers are determined. The mobility of electrons and holes, as well as charge carriers concentration is found.

Keywords: glasslike semiconductors, Holl constant, mobility of electrons and holes, concentration of charge carriers, selenide and sulphide of stibium.

УДК 621.315.592

Соединения $A_2^V B_3^{VI}$ и $A^V B^{VI} C^{VII}$ представляют большой научный и практический интерес. На основе соединений $A_2^V B_3^{VI}$ получена новая группа веществ - стеклообразные полупроводники. Изучение некоторых представителей этой группы в частности Sb_2S_3 и Sb_2Se_3 представляют интерес, поскольку эти соединения обладают рядом особых свойств. Они являются также сегнетоэлектриками и фотопроводниками [1-3]. Сегнетоэлектрики, обладающие полупроводниковыми свойствами, представляют в настоящее время самостоятельный раздел физики твердого тела.

Сульфид и селенид сурьмы являются слоистыми кристаллами серого цвета и обладают ромбической структурой [2, 3]. Электронная ячейка Sb_2S_3 и Sb_2Se_3 состоит из четырех молекул, их структуру можно представить как цепочки параллельные оси "с". В цепочках осуществляется сильная связь между атомами сурьмы, селена и серы. Эти цепи в случае селенида сурьмы, соединяются в плоскостях, перпендикулярных оси "b", через связи Sb-Se, находящихся как расстояния $3,30 \overset{o}{\text{Å}}$, а плоскости между собой соединяются через две Sb-Se связи с расстояниями $3,45 \overset{o}{\text{Å}}$ [3, 4].

Между слоями действуют ковалентные силы связи, что подтверждается тем, что расстояние между атомами Sb и Se в них примерно равны сумме ковалентных радиусов. Кроме ковалентных связей между

плоскостями действуют также и Ван-дер-Ваальсовы силы связи [2].

Монокристаллические образцы для изменения Холла готовились в виде прямоугольника параллелепипеда с размерами $10 \times 5 \times 2$ мм³. Образец помещался в стеклянный криостат, который откачивался до давления 10^{-3} мм рт.ст. Далее для равномерного распределения температуры внутри криостата, его заполняли инертным газом. Сопротивление образцов измерялось на приборе В-7-27. В качестве таковых и Холловских зондов использовались серебряная паста, которых образуют омические контакты с исследуемыми материалами.

Эффект Холла является экспериментальным средством изучения фундаментальных параметров полупроводников: концентрации и знака заряда носителей, а также подвижности, энергии ионизации примеси и ширины запрещенной зоны. Кроме того эффект Холла применяют в магнитометрах, бесконтактных переключателях и других устройствах [4, 5]. Поскольку подвижность и концентрация носителей заряда являются функциями температуры, то постоянная Холла R_H также зависит от температуры. Измерения зависимости коэффициента Холла от температуры имеют особую ценность. Они позволяют установить температурную зависимость концентрации носителей заряда, а в совокупности с измерениями удельной электропроводности - температурную зависимость подвижности.

В работе эффект Холла измерялся в специальной установке. Входное сопротивление измерительного прибора 10^{-7} Ом. Измерительная установка обеспечивает возможность измерения материала с удельной электропроводностью от 10 Ом до 10^6 Ом, величина магнитного поля изменялась от нуля до 5 кЭ.

Обнаружено, что до 370 К образец Sb_2Se_3 является дырочным, а после 370 К изменяется знак Холла и тип проводимости становится электронными. На рис. 1 показана температурная зависимость концентрации носителей заряда p - и n -типа. По температурной зависимости концентрации носителей для образцов p и n типа селенида сурьмы определена ширина запрещенной зоны. Для p типа образцов она равнялась $\Delta E = 1,42$ эВ, для n типа $E = 1,30$ эВ и хорошо согласуется с литературными данными [5, 6].

Расчет концентрации и подвижности носителей тока производился в предположении монополярной проводимости, преимущественного рассеяния на колебаниях решетки и отсутствия вырождения. Значения концентрации и подвижности носителей тока при комнатной температуре были получены из экстраполяции зависимости коэффициента Холла от температуры. По знаку термо ЭДС определен знак носителей заряда.

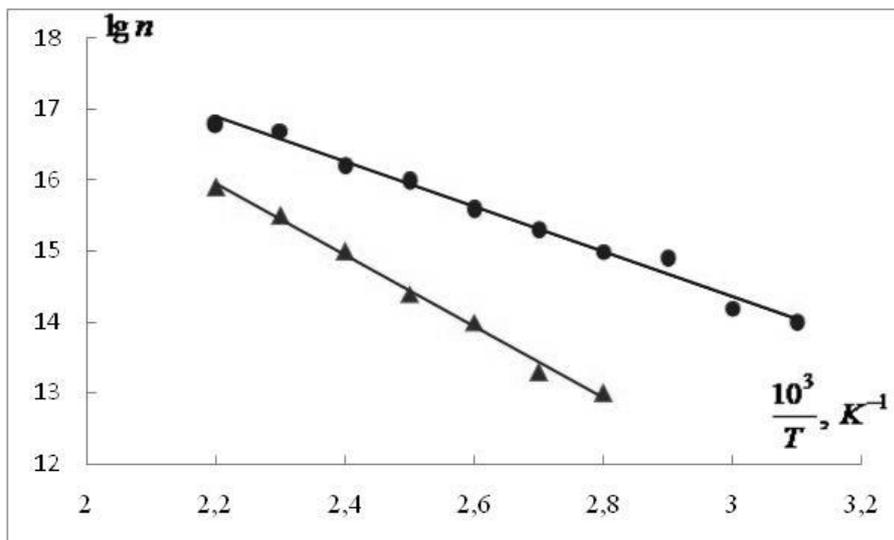


Рис. 1. Температурная зависимость концентрации для кристалла Sb_2Se_3 (● - n -тип, ▲ - p -тип)

На рис. 2 показаны температурные зависимости подвижности селениды сурьмы. Видно, что для n -типа образцов подвижность изменяется сравнительно сильнее чем для p типа. Заметное отклонение температурной зависимости подвижности в монокристаллах n типа связано с вкладом рассеяния носителей на оптических фотонах.

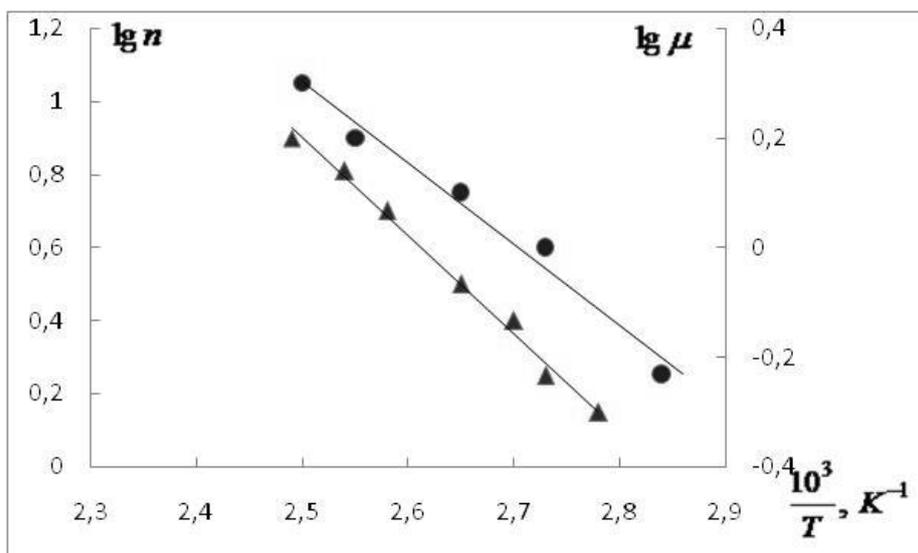


Рис. 2. Температурная зависимость подвижности селениды сурьмы (● - *n*-тип, ▲ - *p*-тип)

Температурная зависимость подвижности селенида сурьмы показала, что для образца *p*-типа подвижность изменяется с температурой $T^{-1,7}$, а для образца *n*-типа $T^{-2,5}$ [7, 8].

Из температурной зависимости подвижности носителей заряда можно сделать вывод о преимущественном механизме рассеяния на акустических фотонах в образце *p*-типа. Заметное отклонение зависимости подвижности от температуры, от зависимости $T^{-3/2}$ в материалах *n*-типа, вероятно, объясняется вкладом рассеяния носителей на оптических фотонах.

Список литературы / References

1. Ефимов А.И. и др. Справочник / А.И. Ефимов и др. Л.: Химия, 1983. 392 с
2. Андриеш А.М., Иову М.Г., Шутков С.Д., Циуляну Д.И. Стеклообразный сульфид мышьяка и его сплавы. - Кишинев: Штиинца, 1981. 212 с.
3. Коломиец Б.Т., Лебедев Э.А. Изучение локальных центров в стеклообразном селениде мышьяка методом токов, ограниченных пространственным зарядом // ФТП, 1967. Т. 1. С. 815-817.
4. Блинов Л.Н. Химия и физика халькогенидных, галогенхалькогенидных и фуллеренхалькогенидных стеклообразных материалов / Л.Н. Блинов; СПбГПУ. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 209 с.
5. Козюхин С.А., Маркова Н.А., Файрушин А.Р., Кузьмина Н.П., Воронков Э.Н. Модифицирование Аморфных пленок халькогенидов мышьяка комплексными соединениями РЗЕ. Неорганические материалы, 2004. Том 40. № 8. С. 908-914.
6. Современная химическая энциклопедия. Т. 4, 1995. С. 479.
7. Немов С.А., Улашкевич Ю.В. Влияние температуры и легирования *Si* на спектры отражения кристаллов $PbSb_2Te_4$ // ФТП, 2017. Т. 51. Вып. 3. С. 331-334.
8. Aznaul B., Alouani M. All electron projector augmented - ware CW // Phys. Rev. B, 2000. V. 62. № 7. P. 4464-4476.