

Краткие сообщения

02;11;12

Взаимодействие Ag с ограниченными монокристаллами $Pb_{1-x}Sn_xTe$

© М.В. Бестаев, В.А. Мошников, А.И. Румянцева

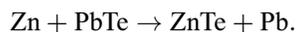
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет,
197376 Санкт-Петербург, Россия

(Поступило в Редакцию 3 июня 1997 г.)

Приводятся результаты исследования взаимодействия атомов серебра с монокристаллами $Pb_{1-x}Sn_xTe$ с естественной огранкой. Предлагается модель массопереноса через паровую фазу слаболетучих легирующих примесей в виде соответствующих теллуридов.

Полупроводниковые твердые растворы теллуридов свинца–теллуридов олова широко используются в ИК-оптоэлектронике для инжекционных лазеров и фотоприемников [1]. Большое количество работ посвящено вопросам легирования. Поведение многих примесей носит сложный характер. В работе [2] было установлено, что при легировании PbTe оловом из паровой фазы на поверхности образуются слои полупроводниковых твердых растворов и диффузионные параметры существенно зависят от концентрации собственных дефектов. При легировании PbTe и $Pb_{1-x}Sn_xTe$ галлием могут возникать микровключения сложного характера с составами, отвечающими формуле $PbGa_6Te_{10}$ и $Pb_{1-x}Sn_xGa_6Te_{10}$ [3]. Механизм массопереноса через паровую фазу удовлетворительно описывается модельными представлениями о взаимодействии слаболетучих легирующих примесей с парами теллура. При этом такие компоненты переносятся в виде теллуридов, в частности теллуридов олова, индия, германия и галлия [4].

При легировании PbTe и $Pb_{1-x}Sn_xTe$ цинком и кадмием характер массопереноса имеет принципиально иной характер. Теллуриды цинка и кадмия обладают высокой степенью диссоциации в паровой фазе [5], при высоких значениях парциальных давлений цинка и кадмия. В результате на поверхности кристалла протекает реакция взаимодействия типа [6]



При высоком структурном качестве обрабатываемых кристаллов удается создать сложную структуру $ZnTe/Pb/PbTe$ [7]. Это является прямым экспериментальным доказательством необходимости учета при диффузии примеси в теллурид свинца встречного потока атомов теллура.

В [8] отмечалось сложное поведение атомов серебра в теллуриде свинца и твердых растворах на его основе. Введение добавок Ag в исходную шихту приводило к увеличению концентрации носителей заряда в десятки раз по сравнению с концентрацией введенной примеси.

В данной работе приводятся результаты исследования взаимодействия атомов серебра с монокристаллами $Pb_{1-x}Sn_xTe$ с естественной огранкой.

Монокристаллы $Pb_{1-x}Sn_xTe$ были выращены из паровой фазы по методике, описанной в [7]. Кристаллы имели кристаллографическую огранку (100), были *p*-типа проводимости с концентрацией носителей заряда $2-5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, плотностью дислокаций 10^4 cm^{-2} и размером граней $3 \times 4 \text{ mm}$.

Из [2–7] следует, что при исследовании диффузионных процессов необходимо учитывать возможность поступления на поверхность кристалла примеси в "чистом" виде или в составе теллурида. При этом характер взаимодействия для каждой из составляющих будет различным, а соотношение между составляющими определяется термодинамическими и кинетическими условиями проведения эксперимента [9]. Для модельного выделения роли "чистого" серебра проводили предварительное нанесение Ag на поверхность грани не нагреваемого кристалла.

Дальнейший процесс диффузии проводили в вакуумированной ампуле при изотермических условиях. Во избежание непосредственного контакта между лигатурой и кристаллом последний помещался в кварцевую колбочку. Взаимодействие осуществлялось через паровую фазу, температуру отжига варьировали в интервале 773–973 К, время изотермического отжига составляло 0.5–5 h. Анализ распределения элементов вдоль направления диффузии, выбранного перпендикулярно поверхности естественной огранки (100), проводили с помощью рентгеноспектрального микроанализа. Было установлено, что наблюдается разброс значений массовых концентраций по поверхности грани монокристаллов $Pb_{1-x}Sn_xTe$. В ряде экспериментов было отмечено образование мелких иголок, свидетельствующих о росте по механизму паржидкость–кристалл. Во всех случаях в приповерхностных слоях образовывались островки, содержание Ag_2Te . Все наблюдаемые результаты могут быть объяснены протеканием на поверхности кристалла реакции



Образование свободных фаз Sn и Pb может приводить к выделению микрокапель с последующим ростом игольчатых кристаллов. Таким образом, при диффузии серебра из паровой фазы массоперенос в кристалле может осуществляться в двух направлениях: серебро диффундирует в глубь образца, теллур — к поверхности, а также выделяются избыточные металлические компоненты. Все три процесса способствуют более резкому изменению электрофизических свойств монокристаллов $Pb_{1-x}Sn_xTe$. Подобные процессы могут происходить и в объемных легированных кристаллах теллуридов свинца-олова при распаде пересыщенных твердых растворов.

Список литературы

- [1] *Абрикосов Н.Х., Шелимова Л.Е.* Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$. М.: Наука, 1975. 196 с.
- [2] *Бестаев М.В., Дедегкаев Т.Т., Мошников В.А.* // ФТТ. 1984. Т. 26. Вып. 9. С. 2200–2202.
- [3] *Duguzhev Sh.M., Makhin A.V., Moshnikov V.A., Shelykh A.L.* // Cryst. Res. Techn. 1990. Vol. 25. N 2. P. 145–149.
- [4] *Бестаев М.В., Дедегкаев Т.Т., Жукова Т.Б.* и др. Тез. I Уральской конф. "Поверхность и новые материалы". Свердловск, 1984. С. 177.
- [5] Физика и химия соединений $A^{IV}B^{VI}$ / Под ред. М.Авека, Дж.С.Пренера. Пер. с англ. / Под ред. С.А.Медведева. М.: Мир, 1970. 624 с.
- [6] *Новоселова А.В., Зломанов В.П., Гаськов А.М.* и др. // Вестник МГУ. Химия. 1982. Т. 22. № 1. С. 3–17.
- [7] *Bestaev M.V., Gatsoev K., Gorelik A.I., Moshnikov V.A.* // Intern. Conf. "Material Science and Material Properties for Infrared Optoelectronics" Uzhgorod (Ukraine), 1996.
- [8] *Калюжная Г.А., Киселева К.В.* // Тп. ФИАН им. П.Н. Лебедева. М.: Наука, 1987. Т. 77. С. 5–84.
- [9] *Зломанов В.П., Новоселова А.В.* Р-Т-Х-диаграммы состояния системы металл-халькоген. М.: Наука, 1987. 208 с.