

Общероссийский математический портал

Я. Б. Магомедов, Г. Г. Гаджиев, Высокотемпературные теплопроводность и элеткропроводность ZnSnAs_2 в твердом и жидком состояниях, *ТВТ*, 2010, том 48, выпуск 2, 306–307

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.170

19 января 2025 г., 17:17:51



ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ $ZnSnAs_2$ В ТВЕРДОМ И ЖИДКОМ СОСТОЯНИЯХ

© 2010 г. Я. Б. Магомедов, Г. Г. Гаджиев

Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского НЦ РАН, г. Махачкала

E-mail: Gadjiev@mail.ru

Поступило в редакцию 16.07.2009 г.

ВВЕДЕНИЕ

Полупроводниковые соединения типа $A^2B^4C_2^5$ являются тройными аналогами бинарных соединений A^3B^5 , теплофизические свойства которых исследованы в твердом и жидком состояниях [1–4].

Установлено, что при плавлении соединений A^3B^5 происходит коренная перестройка структуры и ближнего порядка, которая сопровождается резким изменением электропроводности, теплопроводности и других свойств до величин, характерных для металлических расплавов. Однако температурная зависимость многих из этих параметров после плавления свидетельствует о том, что металлизация в расплавах этих соединений является неполной.

Учитывая, что характерной особенностью металлического состояния являются электронный механизм переноса заряда и тепла и выполнение соотношения Видемана–Франца между теплопроводностью и электропроводностью, для изучения влияния плавления на электронную структуру и механизмы переноса тепла и заряда были исследованы теплопроводность и электропроводность соединения $ZnSnAs_2$ в твердом и жидком состояниях в широком температурном интервале (300–1500 К).

Высокотемпературные теплофизические свойства соединений типа $A^2B^4C_2^5$ до сих пор плохо исследованы. Авторы работы [5] измерили электропроводность соединения $CdSnAs_2$ в твердом и жидком состояниях и посчитали, что при плавлении этого соединения ближний порядок сохраняется и его расплав является жидким полупроводником.

МЕТОДИКА

Теплопроводность измерялась абсолютным методом сферической прослойки в стационарном тепловом режиме [6, 7]. Исследуемое вещество заполняют прослойку между двумя концентрическими сферами из спектрально чистого графита. Тепловой поток через слой исследуемого веще-

ства создавался рабочим нагревателем, равномерно намотанным в полости внутренней графитовой сферы. Перепад температуры на образце измерялся с помощью шести вольфрам-рениевых (WRe5–WRe20) термопар. Постоянство толщины прослойки и концентричность расположения графитовых сфер обеспечивались фиксацией сфер с помощью специальных штифтов из алундовой соломки диаметром 1 мм, которые одновременно служили опорой для внутренней сферы. Размеры штифтов и толщина шаровой прослойки (2.5–3 мм) подбирались исходя из условий отсутствия в ней естественной конвекции при исследовании расплавов. Для плавления исследуемого вещества при заполнении прослойки и регулировки температурного режима измерений использовался секционный нагреватель на шаровом каркасе. Средняя относительная погрешность измерения теплопроводности не превышала 7–8% при 1000 К.

Исследование электропроводности проводилось четырехзондовым компенсационным методом [8]. Исследуемым веществом заполнялась вертикальная кварцевая ячейка (трубки диаметром 5–6 мм) с двумя боковыми отверстиями для графитовых штифтов со сверлениями для термопар и потенциальных зондов. Сверху и снизу рабочая ячейка была плотно подогнана к графитовым колпачкам, выполняющим роль токоподводов и дополнительной емкости для исследуемого вещества. На графитовые колпачки надевались нагреватели для создания однородного температурного поля. Температурный режим измерения регулировался режимным нагревателем. Перепад температуры на образце измерялся вольфрам-рениевыми термопарами, которые вставлялись в алундовые соломки и укладывались в сверления в графитовых штифтах. Корольки термопар покрывались тонким слоем графитовой замазки из мелкодисперсного порошка для герметизации и электрического контакта с расплавом через штифты. В качестве зондов для снятия падения напряжения в отдельности использовались термопарные ветви WRe5. Для исключения влияния паразитных ЭДС, возникающих на контактах образца с

Экспериментальные данные по теплопроводности (λ) и электропроводности (σ) $ZnSnAs_2$ в конденсированных состояниях

T, K	300	410	536	643	751	875	1030	1060	1120	1350
λ , Вт/(м К)	14.56	10.65	8.15	6.79	5.82	4.99	5.41	7.01	7.51	10.61
$\sigma \times 10^{-5}$, 1/(Ом м)	0.30	0.29	0.31	0.44	0.55	0.71	1.20	4.05	4.21	4.83

графитом и графитовых штифтов с потенциальными зондами, измерения разности потенциалов на образце проводились при двух направлениях тока и бралось среднее значение. Средняя относительная погрешность этих измерений не превышала 4% при 1000 К.

При определении погрешности измерения температуры учитывались погрешность градуировки таблиц и погрешности, обусловленные отклонением показаний индивидуальных термпар от данных градуировочной таблицы.

Исследование проводилось в закрытых автоклавах в атмосфере аргона на поликристаллических образцах, полученных сплавлением в кварцевых ампулах исходных чистых компонентов, взятых в стехиометрическом соотношении. Так как соединения с мышьяком при температурах плавления и выше обладают высокой упругостью паров, в ампулы с образцом при синтезе соединений и измерительные ячейки при измерении теплопроводности, а также электропроводности помещались небольшие навески мышьяка, обеспечивающие равновесное давление паров. Измерения проводились в режиме нагревания и охлаждения на трех-четырёх образцах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Температурная зависимость средних значений теплопроводности и электропроводности $ZnSnAs_2$ в твердом и жидком состояниях представлены на рисунке и в таблице.

Имеющиеся в литературе данные о переносных свойствах $ZnSnAs_2$ [9–11] относятся к низким или средним температурам и не согласуются между собой. Теплофизические свойства соединения $ZnSnAs_2$ в жидком состоянии и при высоких температурах не исследованы. Полученные в настоящей работе экспериментальные данные о теплопроводности и электропроводности при комнатных температурах удовлетворительно согласуются с литературными [10].

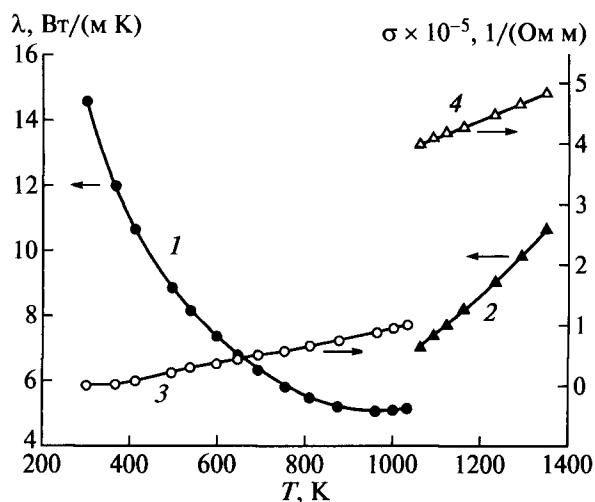
Электропроводность $ZnSnAs_2$ в твердом состоянии при комнатных и близких к ней температурах изменяется с температурой незначительно. При температурах выше 500 К наблюдается экспоненциальный рост электропроводности, что видно из линейной зависимости $\lg \sigma$ от $10^3/T$ и характерно для области собственной проводимости полу-

проводников. Вычисленное из зависимости $\lg \sigma$ от $10^3/T$ значение ширины запрещенной зоны ($\Delta E = 0.51$ эВ) не противоречит литературным данным [12].

Экспериментальные данные о теплопроводности показывают, что основным ее механизмом в твердом состоянии является фононная теплопроводность, которая с температурой меняется по закону T^{-1} до 800 К. Вычисленные по данным о электропроводности для случая частичного вырождения ($L = 1.7 \times 10^{-8}$ Вт²/К²) электронная (из соотношения Видемана–Франца) и биполярная (из соотношения Давыдова–Шмушкевича) составляющие теплопроводности объясняют наблюдаемое при температурах выше 800 К отклонение температурной зависимости теплопроводности от закона T^{-1} . При вычислении биполярной составляющей отношение подвижностей электронов и дырок бралось из работы [9].

При плавлении скачком ($T_{пл} = 1050$ К) теплопроводность и электропроводность $ZnSnAs_2$ увеличиваются до величин, характерных для металлических расплавов [13], и после плавления продолжают расти с температурой.

Значения электронной теплопроводности, вычисленные по соотношению Видемана–Франца для случая частичного вырождения электронного газа и по экспериментальным данным о электропроводности, с учетом молекулярной доли удовле-



Температурная зависимость теплопроводности (1, 2) и электропроводности (3, 4) $ZnSnAs_2$ в твердом и жидком состояниях.