

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ МЕДИ НА АНИЗОТРОПИЮ ТЕРМОЭДС СЛОИСТОГО СОЕДИНЕНИЯ $PbSb_2Te_4$

В настоящее время активно развивается направление по поиску новых термоэлектрических материалов на основе тройных или четверных слоистых халькогенидов со сложными кристаллическими решетками [1]. Примером подобных материалов является соединение $PbSb_2Te_4$. Оно имеет ромбоэдрическую симметрию, для описания которой удобно использовать гексагональную ячейку, содержащую три 7-слойных пакета. Для таких сильно анизотропных кристаллов характерна большая анизотропия физических свойств, в частности термоэлектрических. В данной работе изучена анизотропия кристалла, легированного медью. Из кристалла были вырезаны два образца с большим размером вдоль тригональной оси и в перпендикулярном направлении, это позволило нам измерить коэффициенты термоэдс вдоль тригональной оси - S_{33} и в перпендикулярном направлении (в плоскости скола) - S_{11} . Полученные экспериментальные данные представлены на рисунках.

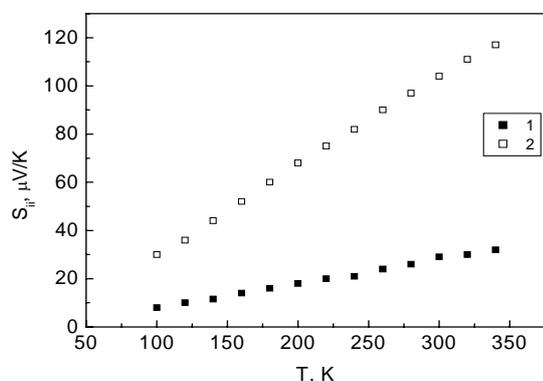


Рис. 1. Температурные зависимости двух компонент тензора Зеебека монокристалла $PbSb_2Te_4$: 1 - S_{11} , 2 - S_{33}

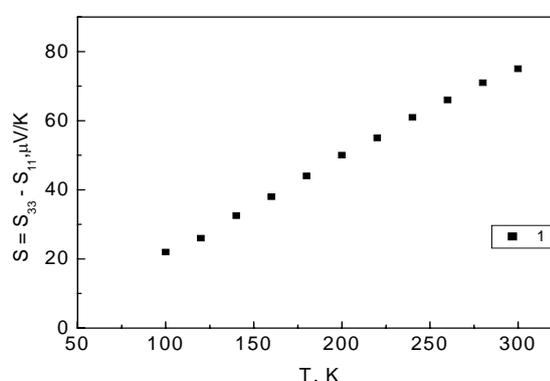
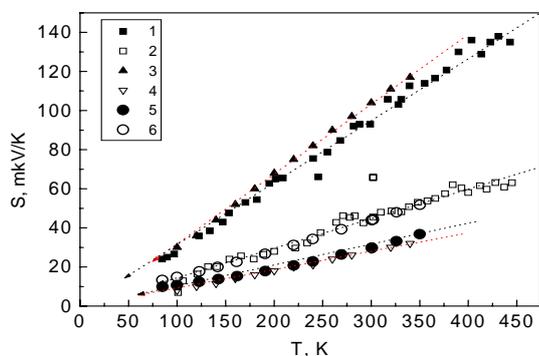


Рис. 2. Изменение коэффициента Зеебека $\Delta S = S_{33} - S_{11}$ монокристаллического образца с ростом температуры

Из рис. 1, 2 видно, что кристаллы $PbSb_2Te_4$ характеризуются большой анизотропией термоэдс. Причем, коэффициент термоэдс вдоль тригональной (S_{33}) оси значительно больше, чем S_{11} . Анизотропию эффекта Зеебека будем характеризовать разностью термоэдс: $\Delta S = S_{33} - S_{11}$. Как видно из рис. 2, анизотропия термоэдс растет с ростом температуры примерно по линейному закону и достигает значения при комнатной температуре 70 мкВ/К.

Явление анизотропии термоэдс достаточно редкое, даже в анизотропных кристаллах наблюдается далеко не всегда. В статье [2] объясняется, что, по-видимому, смешанный механизм рассеяния дырок реализуется в $PbSb_2Te_4$. Он может быть одной из возможных причин возникновения анизотропии термоэдс, если предположить, что в разных направлениях действуют разные доминирующие механизмы рассеяния: в плоскости скола – акустическое рассеяние, а в направлении тригональной оси C_3 - рассеяние на ионах.

Для оптимизации термоэлектрических свойств материалов необходимо варьировать положением уровня Ферми, это можно сделать путем введения примеси. В данной работе исследовалась примесь меди.



Однако следует отметить, что появление четвертой компоненты (Cu) при выращивании кристаллов вызывает значительные трудности, поэтому полученные кристаллы менее

совершенны, чем кристаллы без меди. Экспериментальные данные по термоэдс кристалла с медью приведены на рис. 3.

Из экспериментальных результатов видно, что легирование Cu приводит к резкому уменьшению S_{33} , в то время как S_{11} изменяется значительно меньше. Поскольку S_{11} определяется акустическим рассеянием в плоскости скола, то близость термоэдс определяется близостью концентраций дырок. Поэтому снижение термоэдс вдоль тригональной оси следует связать с изменением характера рассеяния вдоль тригональной оси. По-видимому, эти данные свидетельствуют о том, что Cu входит в межслоевые пространства. Также не исключено, что в уменьшение анизотропии вносит вклад некоторая разориентация, связанная с меньшим совершенством кристалла. В этом случае в эффективное значение термоэдс вдоль тригональной оси вносит вклад меньшая компонента тензора термоэдс S_{11} .

Рис. 3. Температурные зависимости компонент тензора Зеебека монокристаллов $PbSb_2Te_4$ (1-4) и $PbSb_2Te_4:Cu$ (5,6)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Е.Шелимова, О.Г.Карпинский, Т.Е.Свечникова и др. Неорган. материалы. 2004. Т.40. №12. С.1440-1447.
2. М.К.Житинская, С.А.Немов, Л.Е.Шелимова, Т.Е.Свечникова, П.П.Константинов. ФТТ. 2008, том 50, вып.1, С.8-10.