

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ РbТе С ИЗБЫТОЧНЫМИ АТОМАМИ СВИНЦА

Г.З.БАГИЕВА, Н.Б.МУСТАФАЕВ, С.З.ДЖАФАРОВА, Г.Д.АБДИНОВА

*Институт Физики НАН Азербайджана*

*AZ 1143, Баку, пр. Г. Джавида, 33*

Исследовано влияния избыточного свинца до 0,5ат.% на электрические свойства монокристаллов РbТе. Показано, что введением в монокристаллы РbТе избыточных атомов Рb, можно получить кристаллы со свойствами близкими к свойствам образцов стехиометрического состава, что обусловлено уменьшением концентрации вакансий в подрешетке свинца.

Теллурид свинца получается со значительным отклонением от стехиометрии и кристаллизуется с избытком теллура. Это обуславливает наличие большого количества ( $\sim 10^{18} \div 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ) электрически активных собственных дефектов (вакансий) [1,2]. Получения образцов, близких по составу к стехиометрическому, можно добиваться введением в синтезируемую шихту определенного количества дополнительного свинца, поэтому исследования влияния дополнительного количества свинца на электрические свойства монокристаллов РbТе представляют определенный научный интерес.

Учитывая это, в данной работе исследовано влияние дополнительного свинца с концентрациями 0,005; 0,05; 0,1 и 0,5ат.% на электрические свойства монокристаллов РbТе в интервале 77÷300К.

Монокристаллы РbТе с избытком Рb были выращены методом Бриджмена. Технологические параметры синтеза и выращивания монокристаллов РbТе приведены в [3]. Из монокристаллических слитков вырезались образцы для исследования в виде прямоугольных параллелепипедов с геометрическими размерами 3×5×12мм. Для удаления нарушенного слоя, образующегося на поверхности при резке, поверхность образцов после резки обрабатывали электрохимическим травлением.

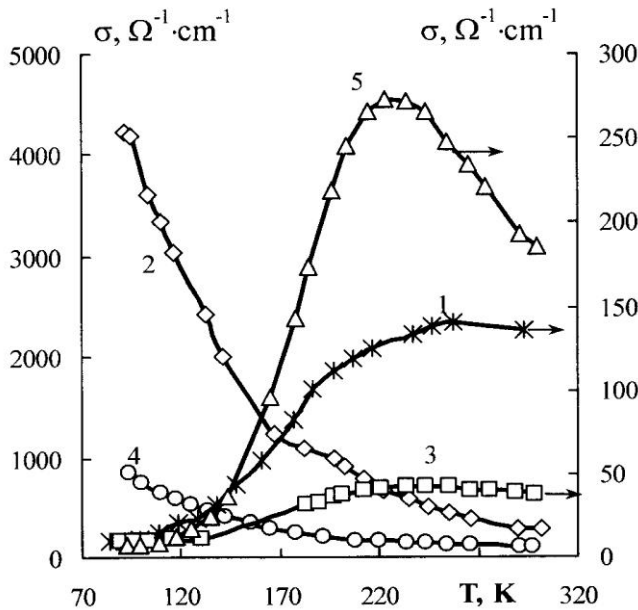
Электрические параметры измеряли на постоянном токе зондовым методом в направлении роста кристаллов.

Результаты измерений представлены на Рис.1÷Рис.3. Видно, что электропроводность образца, не содержащего дополнительного свинца в интервале  $\sim 130 \div 260\text{К}$ , имеет полупроводниковый характер. Энергия активации электропроводности в этой области температур составляет  $\sim 0,08 \div 0,10\text{эВ}$ . При концентрации избыточного свинца 0,005ат.% электропроводность кристалла при  $\sim 77\text{К}$  в  $\sim 1000$  раз возрастает, а  $\sigma(T)$  обладает металлическим характером. Дальнейший рост избыточного Рb приводит к монотонному уменьшению  $\sigma$  при 77К. Однако при содержаниях 0,05 и 0,5ат.%Рb электропроводность с ростом температуры растет в интервале  $\sim 120 \div 230\text{К}$ , т.е.  $\sigma(T)$  этих образцов обладают полупроводниковым характером в указанном интервале температур.

Зависимости коэффициентов термо-э.д.с. и Холла при  $\sim 77\text{К}$  от содержания избыточного свинца хорошо коррелируются с подобными зависимостями электропроводности. Коэффициент термо-э.д.с. для всех образцов положителен и с ростом температуры растет. Знак коэффициента Холла для стехиометрического образца и образцов с 0,005÷0,1ат.% избыточного свинца положительный, а для образца 0,5ат.% свинца - отрицательный. Для стехиометрического образца и образца с 0,5ат.%Рb с ростом температуры абсолютное значение R уменьшается, что хорошо согласуется с температурной зависимостью  $\sigma$  для этих образцов.

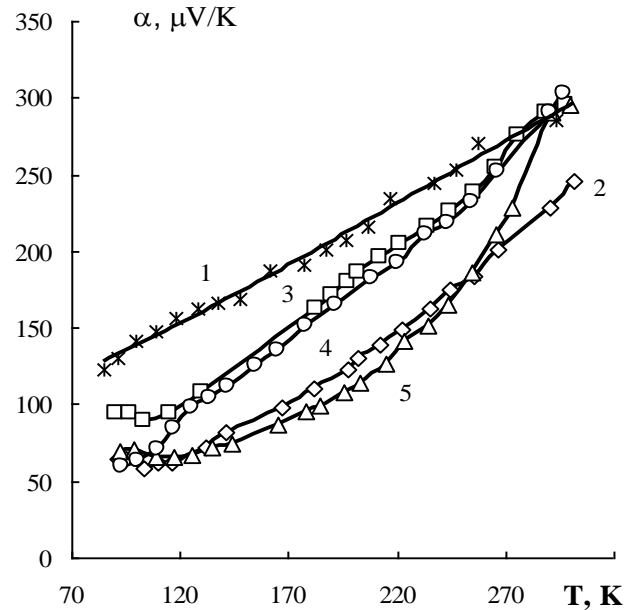
Соединения РbТе кристаллизуются с избытком теллура и, вследствие этого, стехиометрические образцы (т.е. образцы, полученные из стехиометрической

шихты) обладают р-типом проводимости. Валентная зона соединения состоит из двух подзон (зон легких и тяжелых дырок). С ростом температуры зона легких дырок опускается вниз и вклад тяжелых дырок в проводимость растет. Поэтому с ростом температуры  $\alpha$  растет.



**Рис.1.**

Зависимость электропроводности монокристаллов РЬТе от температуры. Кривые 1-5 относятся к образцам, не содержащим и содержащим 0,005; 0,05; 0,1; 0,5ат.% избыточного свинца, соответственно.

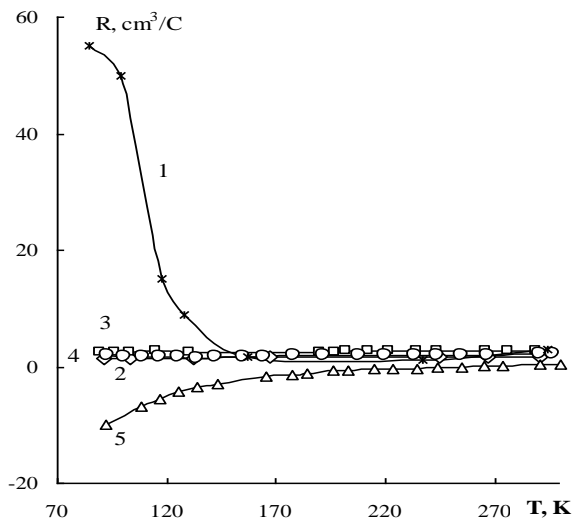


**Рис.2.**

Зависимость коэффициента термо-э.д.с. монокристаллов РЬТе от температуры. Обозначения те же, что и на Рис.1.

Согласно [4,5] в запрещенной зоне монокристаллов РЬТе кроме мелких акцепторных и донорных уровней существуют глубокие акцепторные уровни с энергией активации  $\sim 0,1\text{эВ}$ . Эти уровни проявляются в образцах с удельной электропроводностью  $\sim 50\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$  (Рис.1, крив.1).

Принимается, что малые концентрации избыточного РЬ (до  $\sim 0,005\text{ат.}\%$ ), распределяясь по кристаллу, создают примесные центры и приводят к росту концентрации дырок, т.е. к увеличению  $\sigma$  и уменьшению  $\alpha$  и R. Дальнейший рост



**Рис.3.**

Зависимость коэффициента Холла монокристаллов РЬТе от температуры. Обозначения те же, что и на Рис.1.

С ростом концентрации избыточного Pb кристаллы приближаются к истинно стехиометрическому составу и в них начинают выявляться акцепторные уровни с энергией активации  $\sim 0,1$  эВ. В связи с тем, что подвижность электронов в  $\sim 2$  раза больше, чем подвижность дырок в стехиометрическом образце, коэффициент Холла отрицательный (Рис.1, крив. 5).

Таким образом, введением в монокристаллы PbTe избыточных атомов Pb, можно получить кристаллы со свойствами, близкими к стехиометрическим образцам, что обусловлено уменьшением концентрации вакансий в подрешетке свинца.

1. Ю.И.Равич, Б.А.Ефимова, И.А.Смирнов, *Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS*. М.: Наука, (1968) 383.
2. С.А.Немов, Ю.И.Равич, *УФН*, **168** (1998) 817.
3. З.Ф.Агаев, Э.А.Аллахвердиев, Г.М.Муртузов, Д.Ш.Абдинов, *Неорганические материалы*. **39** (2003) 543.
4. Н.Б.Мустафаев, Г.З.Багиева, Г.А.Ахмедова, З.Ф.Агаев, Д.Ш.Абдинов, *ФТП*, **43** (2009) 149.
5. Г.А. Ахмедова., Г.З. Багиева, З.Ф. Агаев, Д.Ш. Абдинов, *ФТП*, **43** (2009) 1456.

#### QURĞUŞUN ATOMLARI ARTIQLIĞI İLƏ PbTe MONOKRİSTALLARININ ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

**G.Z.BAĞIYEVA, N.B.MUSTAFAYEV, S.Z.CƏFƏROVA, G.C.ABDİNOVA**

Əlavə qurğuşun atomlarının ( $\sim 0,5$ at.%-dək) PbTe monokristallarının elektrik xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, PbTe monokristallarına əlavə Pb atomları daxil etməklə stexiometrik nümunələrin xassələrinə yaxın xassələrə malik kristallar almaq olur. Buna səbəb artıq Pb atomları daxil etdikdə qurğuşun altqəfəsində olan vakansiyaların konsentrasiyasının azalmasıdır.

#### ELECTRIC PROPERTIES OF PbTe SINGLE CRYSTALS WITH EXCESS LEAD ATOMS

**G.Z.BAGIYEVA, N.B.MUSTAFAYEV, S.Z.JAFAROVA, G.D.ABDINOVA**

The influences of excess lead up to 0,5at % on electric properties of PbTe single crystals have been investigated. It has been shown that by introduction of excess Pb atoms in PbTe single crystals it has been possible to receive crystals with properties close to stoichiometric samples that has been caused by reduction of concentration of vacancies in the lead sublattice.

Редактор: Дж.Абдинов