

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОК n-PbTe НА ИХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

*Коканбаев И.М. к.ф.-м.н., профессор.
Кокандский государственный университет.*

Аннотация: Экспериментально изучено влияние условий получения пленок n-PbTe на их термоэлектрические и гальваномагнитные свойства. Показано, что температура конденсации 630 ± 10 K коэффициент термоэлектрической мощности ($\alpha^2 \sigma$) полученных пленок n-PbTe имеет максимальное значение порядка $(45 \div 50)$ мкВ/К²·см.

Ключевые слова: термоэлектрические, гальваномагнитные, коэффициент термоэлектрической мощности, конденсация.

INFLUENCE OF OBTAINING CODITIONS OF n-PbTe FILMS ON THEIR THERMOELECTRIC AND GALVANOMAGNETIC PROPERTIES

Коканбаев И.М. Candibate of Physical and Nathematicap Sciences проф.

Annotation: Influence of obtaining coditions of n-PbTe films on their thermoelectric and galvanomagnetic properties was studient experimentally. The cefficient of thermoelectric power of these films was shown to be maxsimal ($45 \div 50$ мкВ/К²·см.) at the condensation temperature 630 ± 10 K.

Key words: thermoelectric, galvanomagnetic, thermoelectric power, condensation

n-PbTe PARDALARINI Olish SHAROITLARINI PARDALARNING THERMOELEKTRIK VA GALVANOMAGNIT XUSUSIYATLARIGA TASIRI.

Kokanbayev I.M., f-m. f. n., professor. Qo'qon davlat universiteti.

Annotasiya: n-PbTe pardalarining termoelektrik va galvanomagnetik xususiyatlari pardani olish texnologik jarayonlar tabiatiga bog'liqligi eksperimental tekshirilgan. Kondesasiyalanish harorati (T_K) ortishi bilan n-PbTe pardalarining termoelektrik quvvat kefsientining ortishi va $T_K = (630 \pm 10)$ K oralig'ida maksimal ($45 \div 50$ мкВ/К²·см) qiymatga ega bo'lishi aniqlangan.

Kalit so'zlar: termoelektrik, galvanomagnet, termoelektrik quvvat, kondesasiya.

В настоящем работе даны результаты экспериментального исследования, посвященного изучению влияния условий получения пленок n-PbTe на их термоэлектрические и гальваномангнитные свойства[1].

Наиболее существенно на свойства пленок PbTe влияет температура конденсации T_K . Варьирование температуры испарения и степени вакуума в пределах, весьма слабо изменяет свойства пленок. Поэтому приводимые ниже данные относятся к пленкам, полученным варьированием температуры конденсации. Полученные нами пленки PbTe [2], конденсированные при $T_K \leq 445\text{K}$, при комнатной температуре обладают дырочной проводимостью, а конденсированные при $T_K \geq 470\text{ K}$ - электронной проводимостью [3].

Зависимости кинетических коэффициентов пленок PbTe, сконденсированных на подложку ПМ-1, в интервале T_K от комнатной до 660 K показаны на рис.1. В проведенных нами исследованиях, самые высокие значения σ , $R_{H\sigma}$, n наблюдались в пленках, полученных при $T_K = (620 \div 640)\text{ K}$. Из рис.1 видно, что повышение T_K приводит к непрерывному увеличению коэффициент термоэлектрической мощности (КТМ) $\alpha^2 \sigma$ пленок n-PbTe, при $T_K = (630 \pm 10)\text{K}$ пленки обладают максимальным значением $\alpha^2 \sigma$, которое составляет $(45 \div 50)\text{ мкВ/К}^2 \cdot \text{см}$. Зависимость $\alpha^2 \sigma$ (и других параметров) от T_K имеет узкий максимум при T_K вблизи 620 K.

Таким образом интервал температур конденсации $T_K = (620 \div 640)\text{K}$ является наиболее оптимальным для получения термоэлектрических пленок n-PbTe на полиимиде. Более подробные данные о свойствах таких пленок, в сравнении с данными рис.1, представлены в таблице 1.

Исследованы температурные зависимости кинетических коэффициентов пленок n-PbTe, полученных при $T_K = (600 \div 620)\text{K}$. Температурные зависимости снимались после того, как образцы извлекались из технологической камеры и находились в контакте с атмосферой в течение нескольких часов. Контакт с атмосферой приводит к релаксации свойств пленок за счет взаимодействия с кислородом[4]. При этом в начальный момент свойства пленок несколько ухудшаются, а затем стабилизируются. Типичные температурные зависимости параметров пленок приведены на рис.1. Существенное отличие характера зависимости σ от T в пленках, в сравнении с массивными кристаллами, связано с наличием в пленках таких потенциальных барьеров, которые преодолеваются носителями заряда и тунелированием, и термоактивацией.

В области низких температур преобладает тунелирование. С повышением температуры растет вклад термоактивации. Наложение этих двух механизмов прохождения через барьер и приводит к трансформации температурной зависимости электропроводности [5]. Такой же характер температурной

зависимости σ был обнаружен в пленках n-PbTe в [1] после незначительной термообработки свежесозданных слоев на воздухе.

T_K , К	α , мкВ/К	σ , Ом ⁻¹ ·см ⁻¹	$\alpha^2\sigma$, мкВт/К ² ·см	$n_H \cdot 10^{18}$ см ⁻³	$R_H\sigma$, см ² /В·с
590	225	100	5	5,0	130
610	220	250	12	7,1	260
620	215	986	45,6	13,2	461
630	220	1010	49	12,2	511
640	200	950	38	12,0	450
660	195	576	22	9,0	400

Таблица 1. Термоэлектрические свойства Пленок n-PbTe в зависимости от температуры их конденсации

К настоящему времени опубликовано большое число работ, посвященных изучению влияния условий приготовления пленок PbTe на полиимидной подложке на их термоэлектрические и гальваномагнитные свойства (см., например [2] и их библиография). Но существует еще ряд нерешенных вопросов, в частности, касающихся изучения влияния условий термовакuumной конденсации на стабильность термоэлектрических параметров и других кинетических свойств

пленок n-PbTe в процессе их эксплуатации и действия внешних возмущений. Естественно, стабильность свойств пленок должна сочетаться с высокими выходными параметрами. [7,8]

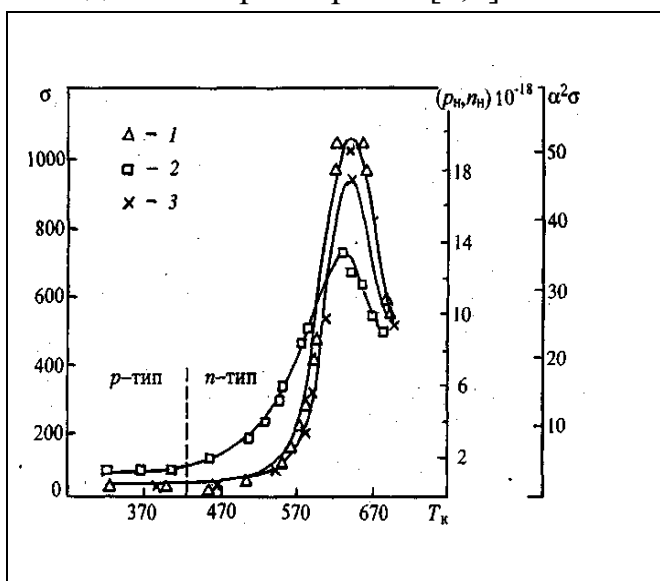


Рис.1. Зависимость

электропроводности, холловской концентрации носителей заряда и коэффициента термоэлектрической мощности пленок n-PbTe от температуры конденсации

Полученные нами пленки PbTe [9,10], конденсированные при $T_K \leq 445\text{K}$, при комнатной температуре обладают дырочной проводимостью, а конденсированные при $T_K \geq 470\text{ K}$ - электронной проводимостью [3]. Зависимости

кинетических коэффициентов пленок PbTe, сконденсированных на подложку ПМ-1, в интервале T_K от комнатной до 660 К показаны на рис.1. В проведенных нами исследованиях, самые высокие значения σ , $R_{H\sigma}$, n юдались в пленках, полученных при $T_K = (620 \div 640)\text{ K}$. Из рис. 1 видно, что повышение T_K приводит к непрерывному увеличению КТМ пленок n-PbTe, при $T_K = (630 \pm 10)\text{ K}$ пленки обладают максимальным значением $\alpha^2 \sigma$, которое составляет $(45 \div 50)\text{ мкВ/К}^2 \cdot \text{см}$. Зависимость $\alpha^2 \sigma$ (и других параметров) от T_K имеет узкий максимум при T_K вблизи 620 К.

При произвольных температурах конденсации концентрация носителей заряда в пленках ниже концентрации в исходной шихте. При $T_K \approx 620\text{ K}$ концентрация электронов в пленках максимально приближается к концентрации к концентрации в исходной шихте. Для этой температуры конденсации отличие может составлять 10 - 30 %.

Нами были исследованы температурные зависимости кинетических коэффициентов пленок n-PbTe, полученных при $T_K = (600 \div 620)\text{ K}$. Температурные зависимости снимались после того, как образцы извлекались из технологической камеры и находились в контакте с атмосферой в течение нескольких часов. Контакт с атмосферой приводит к релаксации свойств пленок за счет взаимодействия с кислородом. При этом в начальный момент свойства пленок несколько ухудшается, а затем стабилизируются. Типичные температурные зависимости параметров пленок приведены на рис.1. Существенное отличие характера зависимости σ от T в пленках, в сравнении с массивными кристаллами, связано с наличием в пленках таких потенциальных барьеров, которые преодолеваются носителями заряда и тунелированием, и термоактивацией. Наложение этих двух механизмов прохождения через барьер и приводит к трансформации температурной зависимости электропроводности [4]. Такой же характер температурной зависимости σ был обнаружен в пленках n-PbTe в [6] после незначительной термообработки свежесажженных слоев на воздухе.

Полученные результаты (см.таблицу) показывает однозначную корреляцию между структурным совершенством n-PbTe и их термоэлектрическими свойствами. Наиболее совершенной структурой [10,11] и

лучшим коэффициентом термоэлектрической мощности обладают пленки конденсированные в узком температурном интервале $T_K=(600 \div 640)K$, т.е.наиболее структурно- упорядоченным пленкам соответствуют самые высокие термоэлектрические свойства

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольцман Б.М., Дашевский З.М., Кайданов В.И., Коломоец Н.В. Пленочные термоэлементы: физика и применение- М.: Наука. -1985. -232 С.
2. Атакулов Ш.Б., **Коканбаев И.М.** Термические и радиационно – стимулированные процессы в поликристаллических пленках халькогенидов свинца (монография). // Фан.Тошкент.-1992.-96 с
3. **Коканбаев И.М.** Закономерности формирования термоэлектрических свойств пленок n-PbTe аморфной подложке //Журнал проблемы преобразования энергии (Москва РАН). -1990. - №2. -С. 39-40.
4. **Коканбаев И.М.** О термоэлектрических свойствах пленок n-PbTe //Инж.Физич.Журн. Минск. -2003. Т. 76. - № 2. -С. 166-167.
- 5.Равич Ю.И., Ефимова Б.А., Смирнов И.А. Методы исследования полупроводников в применении халькогенидов свинца PbTe, PbSe, PbS.- М. Наука.- 1968.- 383 С.
6. **Коканбаев И.М.** Влияние атмосферного кислорода на термоэлектрические свойства пленок n – PbTe //Журнал проблемы преобразования энергии (Москва РАН). -1991. - №1. -С. 24-25.
- 7.Otaqo'ziyevna, Toxirova Maxfuzaxon, and Abdumanonova Firuza Abdualiyevna. "THE ROLE AND ROLE OF VIRTUAL TECHNOLOGIES IN SOLVING INTERDISCIPLINARY APPLIED ISSUES ON NEWTON'S LAWS AT SCHOOL." *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal* 10.12 (2022): 118-121.
8. Otaqo'ziyevna, Toxirova Maxfuzaxon. "METHODS OF SOLVING FINITE ISSUES OF APPLICATION OF NEWTON'S LAWS IN SCHOOL." *INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE & INTERDISCIPLINARY RESEARCH* ISSN: 2277-3630 Impact factor: 7.429 11.07 (2022): 29-33.
9. Ataqulov Sh.B., **Kokanbaev I.M.** Oxygen diffusion to the bulk and crystalline boundaries in PbTe //Solid State Communications. -1987. -V.61. – N.6. -P. 369-372.
- 10 **Коканбаев И.М.** Деградация термоэлектрических свойств пленок n – PbTe в атмосферном кислороде //Инж.Физич.Журн. Минск. -2003. -Т. 76. - № 2. -С. 168-170.
11. Ш.Б.Атакулов, И.М.Коканбаев , М.А.Мухамадиев. Микроструктура пленок теллурида свинца на аморфной подложке. //ДАН РУз.-1985.- № 9. –С.30-32.