

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

---

ФАРҒОНА ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

**FarDU.  
ILMIY  
XABARLAR-**

1995 йилдан нашр этилади  
Йилда 6 марта чиқади

6-2018  
Декабрь

**НАУЧНЫЙ  
ВЕСТНИК.  
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года  
Выходит 6 раз в год

Аниқ ва табиий фанлар

МАТЕМАТИКА

<b>А.ЎРИНОВ, А.СОТВОЛДИЕВ</b> Параболо - гиперболик типдаги модель тенглама учун учинчи чегаравий шартли нолокал масала .....	5
<b>Э.МАДРАҲИМОВ, М.МИРЗАКАРИМОВА</b> Математик статистика таҳлил қилиш усулининг бир масаласага татбиғи .....	11
<b>Д.ОРИПОВ</b> Қаср тартибли бир оддий дифференциал тенглама учун локал ва нолокал масалалар .....	17
<b>М.АБДУМАННОПОВ</b> Мавҳум аргументли бессель функцияси қатнашган ўзгармас коэффициентли интегро-дифференциал тенглама учун интеграл шартли масала .....	21

ФИЗИКА, ТЕХНИКА

<b>Р.Х.МАКСУДОВ, А.ДЖУРАЕВ, Ш.ШУХРАТОВ</b> Пахта тозалаш агрегатининг аррачали барабан секцияси конструкциясини ишлаб чиқиш .....	25
<b>М.НАБИЕВ, К.ГАЙНАЗАРОВА, Я.УСМОНОВ, И.ЮЛДОШЕВА</b> Сезгир элементлардаги термоэлектрик тармоқлар сифатида қўлланиладиган <i>n-PbTe</i> пардалар баъзи хоссаларининг экспериментал тадқиғи ва уларни тузатиш .....	32

КИМЁ

<b>А.ИБРАГИМОВ, А.ИБРОХИМОВ</b> <i>Nitragia</i> индолли алкалоидлар ва уларнинг сунъий аналоглари физиологик фаоллигининг кимёвий структурага боғлиқлиги .....	36
---	----

ГЕОГРАФИЯ, ТУПРОҚШУНОСЛИК

<b>Р.КУЗИЕВ, Г.ЮЛДАШЕВ</b> Ўзбекистоннинг баланд тоғли тупроқлари қоплами .....	39
<b>М.ИСАҒАЛИЕВ, Х.АБДУХАКИМОВА, М.ОБИДОВ</b> Суғориладиган ўтлоқи саз тупроқлар геокимёси .....	43
<b>В.ИСАҚОВ, У.МИРЗАЕВ</b> Арзиқ-шухли ўтлоқи саз тупроқларнинг суғориш таъсиридаги динамикаси .....	47

Ижтимоий-гуманитар фанлар

ИҚТИСОДИЁТ

<b>А.ҒОФУРОВ, Г.ХОЛМАТЖОНОВА</b> Даромадлар ва аҳолининг банкдаги пул жамғармалардан манфаатдорлигини ошириш муаммолари .....	51
--	----

ТАРИХ

<b>Т.ЭГАМБЕРДИЕВА, И.СИДДИҚОВ, А.НИШОНОВ</b> Диний бағрикенгликни таъминлаш борасида Ўзбекистон ва ЮНЕСКО ҳамкорлиги .....	55
<b>Ж.ҲАЙИТОВ</b> Туркистонда манзарали дарахтлар янги турларининг тарқалиш тарихи (XIX аср охири - XX аср бошлари) .....	61
<b>Н.РЕЖАББОЕВ</b> Фарғона очларига ёрдам (1923-1924 йиллар) .....	64
<b>З.РАХМАНОВ, М.ХОМИДЖОНОВА</b> Қадимги Фарғонанинг маданиятларини даврлаштириш борасида айрим фикр-мулоҳазалар .....	69

ФАЛСАФА, СИЁСАТ

<b>Б.ГАНИЕВ, С.ЭВАТОВ, М.НЕЪМАТОВА</b> Имом Бухорий ҳадисларидаги ахлоқ-одоб қоидаларининг тадбиркорлик маданиятига алоқадорлиги .....	74
<b>А.КОМИЛОВ</b> Ёшлар турмуш маданиятини юксалтиришда таълим-тарбиянинг ўрни .....	77

АДАБИЁТШУНОСЛИК

<b>С.ХЎЖАЕВ</b> “Панчатантра” эпоси ва ўзбек адабиёти .....	80
--	----

УДК: 53+537.311

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И КОРРЕКТИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК $n\text{-PbTe}$ , ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕТВЕЙ В ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

М.Набиев, К.Гайназарова, Я.Усмонов, И.Юлдошева

### Аннотация

Мақолада  $n\text{-PbTe}$  юққа пардаларни экспериментал олиш технологияси ўрганилган. Юққа пардаларда баъзи бир хусусий ҳоллар: электр ўтказувчанликнинг температурага боғлиқлиги, термоэюк коэффициенти ва термоэлектрик юққа пардаларнинг эскириши натижасида термоэлектрик элементларнинг  $IQ$  –нурланиш датчикларининг сезгир элементларида термоэлектрик тармоқлар сифатида фойдаланиш тадқиқ этилган.

### Аннотация

В статье изучена экспериментальная технология получения и корректирование некоторых свойств напыленных пленок  $n\text{-PbTe}$  и температурные исследования электропроводности, а также коэффициент термоэдс и старение термоэлектрических пленок, используемых в качестве термоэлектрических ветвей в чувствительных элементах датчиков ИК-излучения.

### Annotation

In this article the experimental technology of obtaining and correction some properties of  $n\text{-PbTe}$  sawn films, research into electrical conductivity temperature as well as thermo EDS coefficient and aging thermoelectric films, using as thermoelectric branches in detector elements sensor IR-radiation is researched.

**Таянч сўз ва иборалар:** электр, ўтказувчанликнинг температурага боғлиқлиги, термо-ЭЮК коэффициенти, термоэлектрик юққа пардалар, термоэлектрик элементлар.

**Ключевые слова и выражения:** электр, электропроводность, термо-ЭДС, теплопроводность, ИК-излучение.

**Keywords and expressions:** electr, electrical conductivity, thermo-EDS, heat-conducting, IR- radiations.

Известно [1.240], что для создания пленочных термоэлектрических приемников ИК-излучения, необходимо использовать высокоэффективные материалы. К классу таких материалов относятся халькогениды свинца, которые отличаются высоким КПД за счет относительно больших значений  $\alpha^2\sigma$  ( $\alpha$  - коэффициент термо-ЭДС,  $\sigma$  - электропроводность) и малой инерционности [2].

В работах [3-5] было показано, что пленки халькогенидов свинца, полученные вакуумным испарением, обладают более высокими значениями коэффициента термо-ЭДС по сравнению с объемными кристаллами с такой же концентрацией носителей заряда. Авторы [3] высказали предположение, что это явление связано с появлением дополнительного механизма рассеяния, связанного с потенциальными барьерами, создаваемыми в пленках межблочными границами. В работе [4] в качестве одной из возможных причин возникновения барьеров рассматривается деформация кристалла вблизи межблочных границ (дислокационных стенок).

В связи со сказанным выше

представляет интерес исследование технологий получения и термоэлектрических свойств пленок халькогенидов свинца с целью увеличения стабилизации их рабочих параметров. В настоящем сообщении нами изучена технология получения и некоторые свойства напыленных пленок  $n\text{-PbTe}$ .

Технология получения термоэлектрических пленок  $n\text{-PbTe}$ .

Для получения пленок мы применяли метод испарения полупроводникового материала из разогретого тигля с последующей конденсацией его на подложке. Установка обеспечивала в термокамере вакуум до  $10^{-4}$  мм рт.ст. Напыляемая шихта  $n\text{-PbTe}$  (с избытком  $Pb$  0,5% выше стехиометрии) предварительно подвергалась очистке методом возгонки последующей зонной перекристаллизацией. Для конденсации испаряемого материала мы использовали следующие диэлектрические подложки: слюду, нитроцеллюлоид, термостойкую полиамидную пленку ПМ-2. Температура диэлектрической подложки изменялась нагревателями, помещенными внутри термокамеры.

Для отыскания оптимальной технологии получения пленок, исследовалось влияние температур

М.Набиев – ФерГУ, доцент кафедры физики.

К.Гайназарова – ФерГУ, преподаватель кафедры физики.

Я.Усмонов – ФерГУ, доцент кафедры физики.

И.Юлдошева – сотрудник Института ядерной физики АНУз.

ФИЗИКА, ТЕХНИКА

испарителя и подложки, расстояния от испарителя до подложки, скорости напыления. На рис.1. приведена кривая (2) зависимости  $\alpha^2\sigma$  от температуры подложки. Для сравнения приведена кривая (1) аналогичной зависимости, построенная по данным работы [6].

Исследования показали, что повышение температуры подложки до  $350 \div 370^\circ\text{C}$  приводит к увеличению  $\alpha^2\sigma$  за счет возрастания  $\sigma$ , т.к. диффузионные процессы, интенсивность которых растет с температурой, приводят к спеканию напыленного слоя, т.е. к увеличению блоков (уменьшению дисперсности).

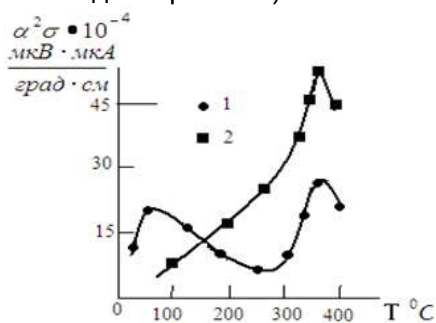


Рис.1.

Выше этих температур термоэлектрические свойства пленок начинают заметно ухудшаться. Можно предположить, что начиная с этих температур происходит интенсивное реиспарение компонентов материала пленки, что приводит к значительному сдвигу стехиометрии конденсируемого вещества.

Сопоставление экспериментальных данных показало, что оптимальная скорость напыления ( $\mathcal{G}$ ) колеблется в интервале от 0,03 мкм/сек до 0,1 мкм/сек. Обнаружено, что термоэлектрические параметры сильно зависят от толщины пленок (рис. 2,3).

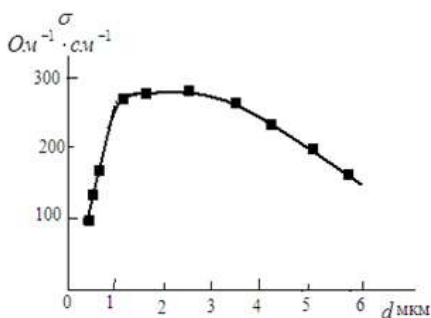


Рис. 2. Зависимость электропроводности пленок от толщины напыленного слоя.

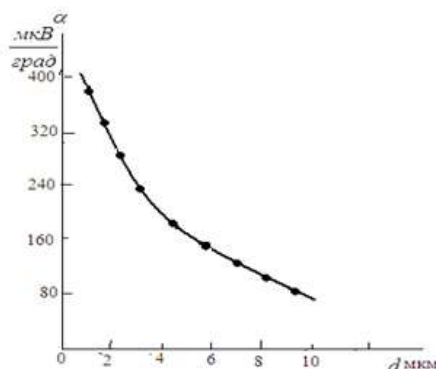


Рис. 3. Зависимость коэффициента термо-ЭДС пленок n-PbTe от толщины напыленного слоя.

Наилучшие результаты были получены на пленках толщиной  $0,8 \div 4,0$  мкм, где  $\alpha^2\sigma$  достигала значений  $(40 \div 60) \times 10^6$  мкВ мкА/град<sup>2</sup>см. При малых толщинах пленки ( $d \leq 0,3$  мкм) на  $\sigma$  существенно влияют дефекты, вносимые поверхностью подложки, т.к. напыленная пленка, вероятнее всего, в точности повторяет рельеф подложки; пленки имеют низкие значения  $\sigma$  высокие  $\alpha$ . В достаточно толстых пленках ( $d > 5$  мкм) заметно ухудшается адгезия. Это, по-видимому, приводит к образованию микротрещин, за счет чего падает электропроводность, а, следовательно, и  $\alpha^2\sigma$ .

Исследования адгезии термоэлектрических пленок с подложкой, показали, что этот параметр также зависит от толщины пленок. С увеличением толщины адгезия ухудшается. Так, например, сила сцепления слюды и пленки толщиной 1 мкм достигает 5,7 кГ/см<sup>2</sup>, а с пленкой толщиной 2 мкм - 0,4 кГ/см<sup>2</sup>. Наибольшая сила сцепления наблюдалась на подложке из нитроцеллулоида ~16 кГ/см<sup>2</sup>, причем такой результат был получен на пленке конденсированной на разогретую до размягчения подложку.

При температурах подложек менее  $300^\circ\text{C}$  пленки, конденсируемые на слюду, имеют значение  $\alpha^2\sigma$  выше, нежели пленки на полиамиде. Однако, при увеличении температуры конденсации до  $350 \div 370^\circ\text{C}$  этот параметр выравнивается на обоих типах подложек. (Эти исследования проведены авторами ранее в [4,5.76-82]).

Температурные исследования электропроводности и коэффициента термо-ЭДС.

Известно, что халькогениды свинца интенсивно взаимодействуют с кислородом, и

последние являются для них акцепторной примесью [2]. В связи с тем, что пленки имеют относительно небольшую толщину и значительную поверхность, это обстоятельство накладывает ограничения на экспериментальное исследование температурного хода термоэлектрических параметров. Измерения зависимостей  $\alpha(T)$  и  $\sigma(T)$  проводились нами в вакууме  $10^{-4}$  мм.рт.ст. или в среде инертного газа (аргон). Исследования температурной зависимости термоэдс и электропроводности показали (рис.4,5), что качественный ход кривых подчиняется закономерностям для массивных образцов, наблюдаются лишь количественные различия. По результатам наших исследований и данным авторов [3] можно заключить, что в пленках  $n\text{-PbTe}$  существенных изменений в зонной структуре и механизмах рассеяния не наблюдается.

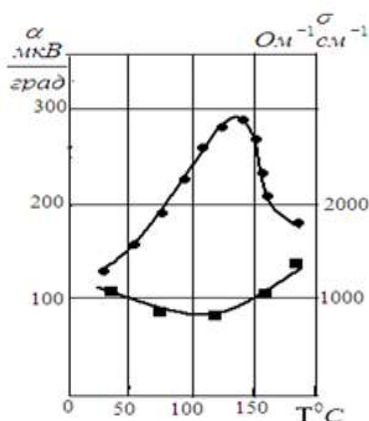


Рис. 4. Температурная зависимость электропроводности и коэффициента термо-ЭДС пленок  $n\text{-PbTe}$  (в лучших образцах №7,9)

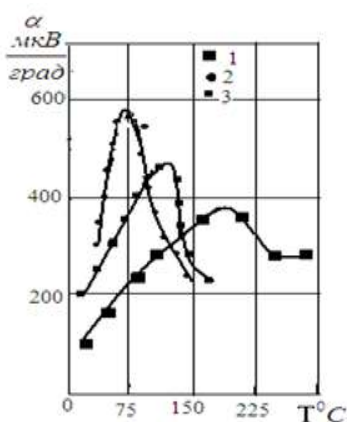


Рис. 5. Температурная зависимость коэффициента термо-ЭДС при различных концентрациях носителей заряда.

В пленках с концентрацией носителей  $n=5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ,  $\alpha_{\text{max}}=550 \text{ мкВ/град}$  наблюдается при  $T \approx 60^\circ\text{C}$ ; с концентрацией  $n=5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ,  $\alpha_{\text{max}}=390 \text{ мкВ/град}$  - при  $T \approx 180^\circ\text{C}$  (рис.5, кривые 1,3). Чем больше концентрация носителей в пленках, тем меньше  $\alpha_{\text{max}}$ , однако, эти пленки имеют более плавные кривые  $\alpha(T)$ . Поэтому для таких пленок легче подбирать подложки, которые обеспечивали бы условие

$$\frac{\alpha(T)}{\chi_n(T)} = \text{const}$$

( $\chi_n$  - теплопроводность подложки), необходимое при термоэлектрических преобразователях).

Старение термоэлектрических пленок.

Как видно из этих данных, в пленках толщиной до 1,7 мкм  $\alpha$  фактически не меняется, однако электропроводность резко падает, что приводит к заметному уменьшению коэффициента термоэлектрической мощности  $\alpha^2 \sigma$ . При  $d < 1,7 \text{ мкм}$  уменьшается на 10-40% и корреляцию между изменением электропроводности и толщиной пленки проследить трудно; коэффициент термо-ЭДС Рис.6.

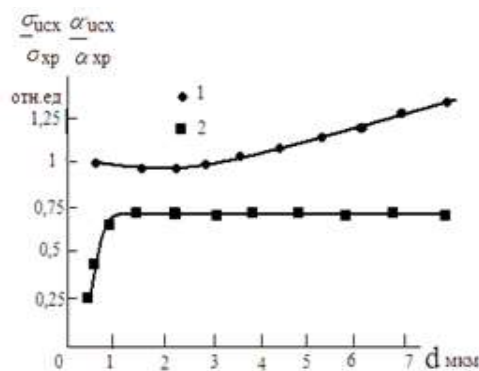


Рис. 6.

На рис. 6. представлены данные, показывающие относительное изменение коэффициента термоэдс  $\alpha$  и электропроводности  $\sigma$  при хранении на воздухе в течение одного года в зависимости от толщины пленок.

Относительное изменение коэффициента увеличивается, причем, чем толще пленка, тем термоэдс (1) и электропроводность (2) существенно это увеличение. В пленках толщиной при хранении на воздухе от 2 до 3,5 мкм коэф-

## ФИЗИКА, ТЕХНИКА

коэффициент термоэлектрической мощности меняется менее чем на 10%. По нашему мнению, в смысле стабильности параметров при эксплуатации и хранении целесообразно получать датчики указанной толщины.

Нами исследовано влияние отжига в вакууме сразу после испарения на старение получаемых пленок. В таблице приведены исходные, снятые через год после азев получения термоэлектрические характеристики пленок.

№ обр	d мкм	Режим отжига	$\alpha, \frac{мкВ}{град}$	$\sigma, Ом^{-1}см^{-1}$	$\alpha_{xp}, \frac{мкВ}{град}$	$\sigma_{xp}, Ом^{-1}см^{-1}$
1.	2,0	6 часов при при 400°C	275	287	281	16
2.	1,4	6 часов	190	767	192	23
3.	2,0		286	194	301	8
4.	4,3	3 часа	339	62	369	37
5.	1,4	при 300°C	230	142	230	113
6.	2,7	0,5 часа	323	61	321	23
7.	1,0	при 350°C	264	160	261	137
8.	4,0	Без	332	60		
9.	1,6	отжига	233	123	p- тип	P- тип

Как свидетельствуют результаты исследований, отжиг в вакууме эффективно замедляет процесс старения. Неожоженные пленки в течение нескольких месяцев теряют свойства и из *n* – типа переходят в *p* – тип. Наиболее стабильные пленки дает отжиг в вакууме в течение 2÷3 часов при температуре 300÷350°C.

Влияние термообработки на воздухе на термоэлектрические параметры пленок *n-PbTe* рассмотрено нами в работе.

Таким образом, описанная в работе технология получения и исследования температурных зависимостей  $\alpha$  и  $\sigma$  термоэлектрических пленок *n-PbTe* позволяют считать, что указанные пленки могут быть использованы в термобатареях, в термоэлектрических ветвях датчиков ИК-излучения. Совокупность настоящих данных и исследований до некоторой степени подтверждает барьерное рассмотрение природы термо-ЭДС в пленках *n - PbTe* [6.76-82; 7.247-253; 8; 9.101-105].

## Литература:

1. Гельфгат Д.М., Дашевский З.М. и др. - В сб.: Термоэлектрические материалы и пленки - Л.: ЛИЯФ, 1976.
2. Равич Ю.И., Ефимова Б.А., Смирнов И.А. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS. Наука, 1968.
3. Бойков Ю.А., Гольцман Б.М. и др. ФТТ, 22, 2126 (1980).
4. Абдуллаев Э.А., Абдураимов В.Э., Атакулов Ш.Б. и др. Об увеличении термоэлектрической мощности в пленках *n-PbTe*, полученных на аморфных подложках.- В сб. Современная схмотехника. -Томск: ТПИ, 1980.
5. Сагатов Э.С., Абдураимов В.Э., Атакулов Ш.Б. и др. - Гелиотехника. -1981.
6. Набиев М.Б., Абдуллаев Э.Т., Атакулов Ш.Б., Мамадалиева Л.К. «Оптимизация параметров *n*-ветвей термопреобразователей солнечного излучения». Международный журнал Гелиотехника. -2008, №1.
7. Набиев М.Б., Атакулов Ш.Б., Ахмедов Ф.Ю., Мирзаев М.М., Расулов Р.Т. «Особенности легирования пленок PbTe элементами V группы.» O'zbekiston Fizika Jurnal, Volume 9, Number 4, 2007.
8. Набиев М.Б., Атакулов Ш.Б. и др. Физика-техника полупроводников. Россия, Санкт-Петербург, ФТП, 2013 г. вып. № 7.
9. Набиев М.Б., К.И.Гайназарова., И.Усмонов, Ж.Холмирзаев. «Разработка и исследование некоторых свойств пленок *n-PbTe*, используемых в качестве термоэлектрических ветвей в чувствительных элементах». Сборник научных трудов Международной научно-методической конференции, 24 ноября, Уфа, Россия. 2017 г.

(Рецензент: С. Отажонов – доктор физико-математических наук, профессор).