

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

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

ФИЗИКА, ТЕХНИКА

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

КИМЁ

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

ГЕОГРАФИЯ, ТУПРОҚШУНОСЛИК

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

Ижтимоий-гуманитар фанлар

ИҚТИСОДИЁТ

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

ТАРИХ

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

ФАЛСАҒА, СИЁСАТ

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

АДАБИЁТШУНОСЛИК

С.ХЎЖАЕВ “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 $\alpha^2\sigma$ (α - коэффициент термо-ЭДС, σ - 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 σ , т.к. диффузионные процессы, интенсивность которых растет с температурой, приводят к спеканию напыленного слоя, т.е. к увеличению блоков (уменьшению дисперсности).

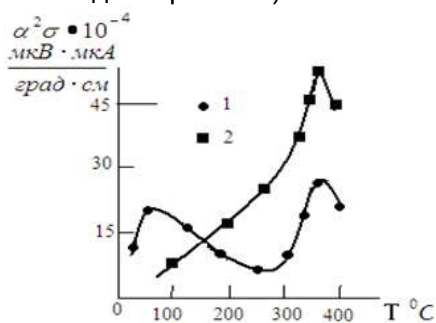


Рис.1.

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).

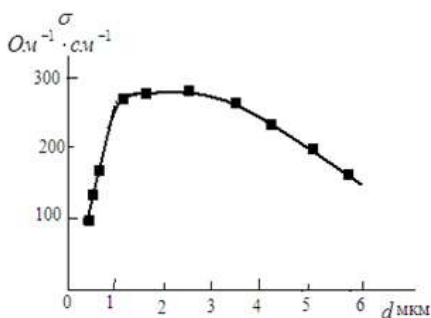


Рис. 2. Зависимость электропроводности пленок от толщины напыленного слоя.

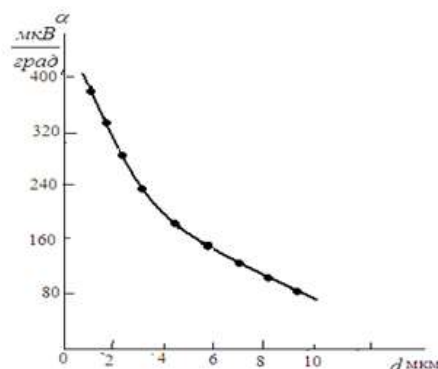


Рис. 3. Зависимость коэффициента термо-ЭДС пленок n-PbTe от толщины напыленного слоя.

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/град²см. При малых толщинах пленки ($d \leq 0,3$ мкм) на σ существенно влияют дефекты, вносимые поверхностью подложки, т.к. напыленная пленка, вероятнее всего, в точности повторяет рельеф подложки; пленки имеют низкие значения σ высокие α . 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/см², а с пленкой толщиной 2 мкм - 0,4 кГ/см². Наибольшая сила сцепления наблюдалась на подложке из нитроцеллулоида ~16 кГ/см², причем такой результат был получен на пленке конденсированной на разогретую до размягчения подложку.

При температурах подложек менее 300°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-PbTe* существенных изменений в зонной структуре и механизмах рассеяния не наблюдается.

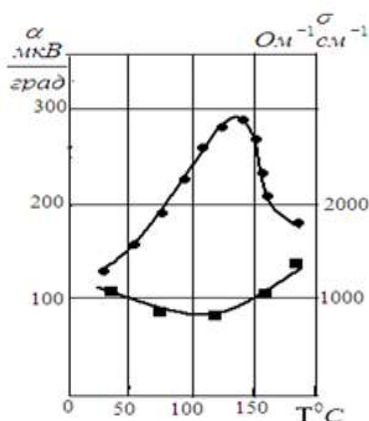


Рис. 4. Температурная зависимость электропроводности и коэффициента термо-ЭДС пленок *n-PbTe* (в лучших образцах №7,9)

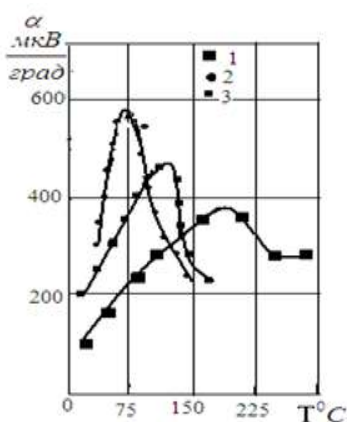


Рис. 5. Температурная зависимость коэффициента термо-ЭДС при различных концентрациях носителей заряда.

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 α_{max} , однако, эти пленки имеют более плавные кривые $\alpha(T)$. Поэтому для таких пленок легче подбирать подложки, которые обеспечивали бы условие

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

(χ_n - теплопроводность подложки), необходимое при термоэлектрических преобразователях).

Старение термоэлектрических пленок.

Как видно из этих данных, в пленках толщиной до 1,7 мкм α 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.

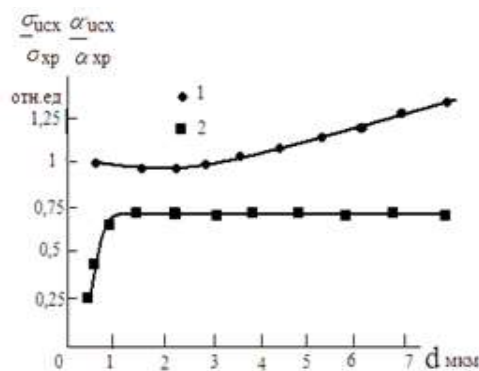


Рис. 6.

На рис. 6. представлены данные, показывающие относительное изменение коэффициента термоэдс α и электропроводности σ 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) существеннее 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 α и σ 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).