

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И  
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.АУЭЗОВА

ФЕРГАНСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО  
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции

**“ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ  
СРЕД”**

Фергана, 24-май, 2024 год.

## МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛЕНОК ПОДЛОЖКАХ

Ш.А. Юлдашев, Р.Ш. Олмасбойева

Ферганский государственный университет

[shohjahon6566@mail.ru](mailto:shohjahon6566@mail.ru)

**Аннотация.** В работе приведены результаты исследования по линеаризации деформационной характеристики пленочных тензодатчиков на основе  $(Bi, Sb)_2Te_3$ .

**Ключевые слова:** деформация, тензочувствительность, тензодачик, подложка, тензорезистор.

Одной из основных задач, в использовании пленочных преобразователей механической энергии в электрическую, заключается получением тензочувствительных пленок с линейной деформационной характеристикой. Проведенные исследования по влиянию одноосной деформации на электрофизические свойства пленок на основе  $(Bi, Sb)_2Te_3$  показали, что большая область линейности тензорезистора соответствует деформации растяжения. С целью исключения возможной нелинейности деформационных характеристик нами проводились исследования по влиянию предварительной деформации на деформационные характеристики пленок на основе  $(Bi, Sb)_2Te_3$ . Предварительная деформация подложки производилась на растяжение и на сжатие. Если подложка до напыления пленки подвергалась растяжению, то после осаждения, в момент потери устойчивости, происходило суммирование внешних (в результате сжатия растянутой подложки) и внутренних напряжений. При этом возникает опасность разрушения пленки, поскольку оба фактора действуют в одну сторону:

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma^* \quad (1)$$

где  $\sigma$  - общее напряжение,  $\sigma_0 = \varepsilon \cdot E$  - механическое напряжение пленки под действием предварительно деформированной подложки,  $\sigma^* = \sigma_c + \sigma_T$  - внутренние напряжения.

Если до напыления к подложке приложена сжимающая сила, то после образования пленки, она снимается и тензорезистор приходит в состояние растяжения.

Изменив температуру подложки и величину предварительной деформации, можно добиться того, что внутренние напряжения пленки ( $\sigma^*$ ) может компенсироваться внешним механическим (вследствие предварительной деформации) напряжением ( $\sigma_0 = -\sigma^*$ ). В результате тензорезистор будет практически одинаково реагировать на последующие деформации растяжения и сжатия [1].

Предварительная деформация подложек осуществлялась на установке, конструкция которого приведена на рис.1. Подложка - 2 крепилась на вогнутом подложкодержателе - 4 так, чтобы между ними осуществлялся хороший тепловой контакт и она могла быть равномерно нагретой от нагревателя - 3. При этом вогнутая поверхность держателя позволяла изгибать подложки (одновременно можно закреплять до 6 шт.) напрягая их до необходимых величин и затем наносить на них тензочувствительную пленку—1 [2].

Стрела прогиба на дуге изменялась от 0,3 до 0,8 мм. На рабочий участок подложки действовал постоянный изгибающий момент, который вызывал равномерную деформацию рабочего участка  $l$ . Эту деформацию определяли по величине прогиба  $U$  в середине пластинки.

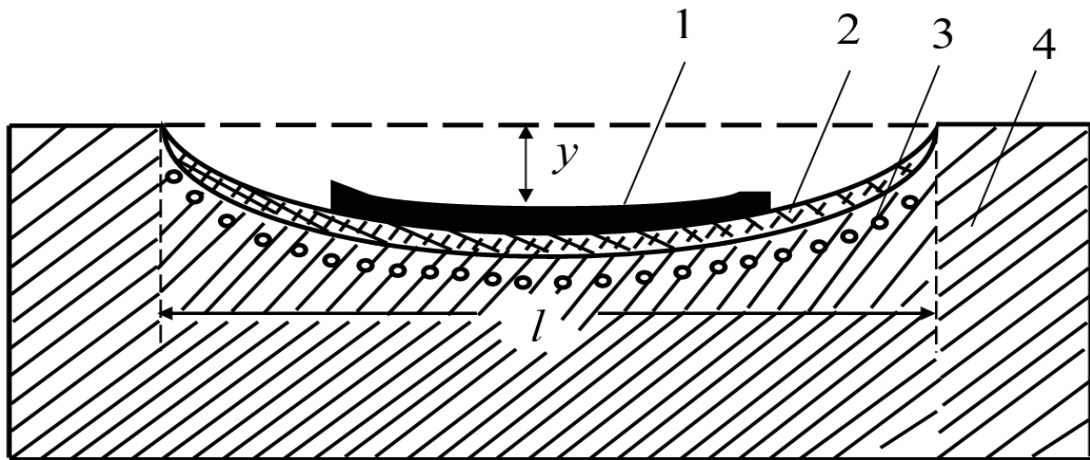
В зависимости от стрелы прогиба предварительная деформация была в интервале от  $0,5 \cdot 10^{-3}$  до  $2 \cdot 10^{-3}$  отн.ед.

Измерения показали, что сопротивление пленок, полученных на предварительно деформированных подложках оказывается большим, чем сопротивление пленок, осажденных на нейтральной подложке по обычной технологии. Считая изменение геометрических размеров незначительным, можно оценить относительное изменение удельного сопротивления пленок по

формуле

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{nl}} = K\varepsilon_{np}$$

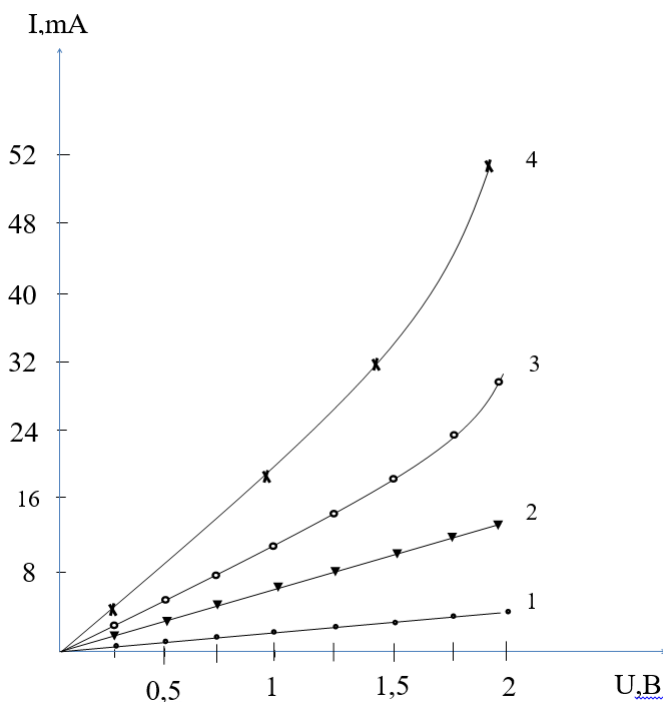
Расчеты показывают, что удельное сопротивление пленок полученных на предварительно деформированных подложках при  $t_n = 90^\circ\text{C}$  приблизительно  $9 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  (в пленках, полученных на недеформированных подложках  $\rho_{nl} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ).



**Рис.1. Подложке по обычной технологии**

Вольтамперные характеристики пленок осажденных на предварительно деформированные подложки ( $\varepsilon_{np} = 1,4 \cdot 10^{-3}$ ) при  $t_n = 90^\circ\text{C}$  приведены на рис.2. Кривая 1 получена, когда тензорезистор не деформирован. Кривые 2, 3, 4 соответствуют внешним деформациям сжатия  $\varepsilon = 1,5 \cdot 10^{-4}, 3 \cdot 10^{-4}, 6 \cdot 10^{-4}$  отн.ед. Видно, что при малых значениях напряжения ВАХ носит линейный характер. С ростом уровня деформации и приложенного электрического напряжения линейность нарушается, а сопротивление тензорезистора уменьшается на значительную величину. Такой же характер изменения ВАХ наблюдается и при деформации растяжения. Однако, в этом случае сопротивление тензорезистора увеличивается. Анализ экспериментальных данных по изменению линейности при больших деформациях и приложенного электрического напряжения позволяют заключить, что электропроводность во многом зависит от состояния

пленки (находится она в напряженном состоянии или нет).



**Рис.2. Характер изменения ВАХ**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азимов С.А., Атакулов Ш.Б. Кинетические явления в поликристаллических пленках халькогенидов свинца и висмута. Ташкент. Фан.1985.104 с.
2. Онаркулов, К. Э., Нурдинова, Р. А., Юлдашев, Ш. А., & Юлдашев, А. А. (2022). Разработка теплопреобразователя на основе аномального фотовольтаического эффекта.
3. Egamberdievich, O. K., Abrorovich, Y. S., Abduvositovich, Y. A., & Qizi, Y. S. A. (2022). Determination of Microparameters of Halcogenide Thin Movies. *Journal of Optoelectronics Laser*, 41(5), 523-530.
4. Onarkulov, K., Yuldashev, S., & Yuldashev, A. (2022). ФОТОМАГНИТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ. *Science and innovation*, 1(A4), 47-51.
5. Yuldashev, S. (2022). ХАЛЬКОГЕНИД ЮПҚА ПАРДАЛАРИДА АФК-ЭФФЕКТ. *Science and innovation*, 1(A6), 530-535.
6. Онаркулов, К., & Юлдашев, А. (2023). ГЕЛИООПТРОННЫЙ ИСТОЧНИК НАПРЯЖЕНИЯ. *Namangan davlat universiteti Ilmiy axborotnomasi*, (8), 30-34.
7. Yuldashev, A. (2022). ОПТОТРАНСФОРМЕР. *Science and Innovation*, 1(7), 876-882.
8. Юлдашев, Ш. А. (2023, November). ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА АФН В НЕОДНОРОДНЫХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ. In *Fergana state university conference* (pp. 283-286).
9. Onarqulov, K., & Yuldasheva, S. (2023, November). XALKOGENID BIR JINSLI BO'LMAGAN YUPQA PARDALARIDA AFME-EFFEKTNI O'RGANISH. In *Fergana state university conference* (pp. 64-64).