

ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК PbTe и PbS В КИСЛОРОДО СОДЕРЖАЩЕЙ АТМОСФЕРЕ

Отажонов Салим Мадрахимович

Ферганский государственный университет, Узбекистан, г. Фергана

Халилов Мухаммадмусо Мухаммадюнусович

Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий, Узбекистан, г. Фергана

E-mail: otajonov_s@mail.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрено влияние термообработки поликристаллических пленок PbTe и PbS полученных на рахных подложках. Установлено, что длительная термообработка пленок PbS приводит к изменению знака фотоэдс на противоположных при $h\nu=0.55$ эВ, а длинноволновой области спектра при $h\nu=0.3$ эВ фотопроводимость имеет небольшой максимум, которой обусловлено либо ударной ионизацией, либо генерацией носителей заряда из глубоких зон.

Ключевые слова: плёнки, PbTe, PbS, поликристалл, термообработка, концентрации носителей заряда, электропроводность.

Введение

Несмотря на большое количество экспериментальных и теоретических работ, физические процессы, ответственные за фотоэлектрические явления, происходящие в поликристаллических пленках A_4B_6 , до сих пор остаются до конца неизученными, так как это связано с кажущейся противоречивостью экспериментальных данных, полученных различными авторами [1-4]. Еще больше неопределенны структуры и свойства межкристаллических барьеров в материалах A_4B_6 . В работах [5-9] сообщается, что кислород сосредотачивается на поверхности пленок сернистого свинца и в межкристаллитных прослойках, а в объем кристаллитов не проникает. Кислород в таких пленках может образовать на их поверхности и в межкристаллитных прослойках химические соединения такие, как $PbSO_4$ и $PbO \cdot PbSO_4$, PbO . Термообработанные пленки халькогенидов свинца по своим свойствам очень близки, и возможно поэтому они обладают неоднородным распределением примесей как по толщине слоя, так и в межкристаллитном барьере [10-14].

В связи с этим рассмотрим возможности использования нашей методики измерения спектральной зависимости фотопроводимости и фото-ЭДС применительно к пленкам PbS и PbTe. Исследовались пленки, полученные напылением в вакууме с их последующей активацией в кислородсодержащей атмосфере.

Методика

Методика измерения спектральной зависимости сечения захвата фотонов, фотопроводимости и фото-ЭДС применялась также к исследованию фотовольтаических свойств пленок PbS и PbTe на подложках из ситалла, поликора и SiO₂, полученные напылением в вакууме с их последующей активацией в кислородо содержащей атмосфере.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис.1 приведена зависимость фотопроводимости (кривая 1) и фото-ЭДС (кривая 2) от энергии кванта падающего света для пленок PbTe, полученных на сталловой подложке. В этих пленках фото-ЭДС более чувствительна к состоянию поверхности (кривая 2), чем фотопроводимость (кривая 1). Это указывает на большую асимметрию барьеров у поверхности, которая образуется во время обработки. Асимметричность барьеров имеет иной характер отношения к состоянию поверхности в пленках PbTe, нанесенных на окисленную поверхность кремния. В таких пленках наблюдается инверсия знака фото-ЭДС в области при $h\nu = 0,4$ эВ (рис.2, кривая 2) [15-19].

Далее исследовались влияния подложки и условия термообработки на фотоэлектрические свойства пленок PbS. На рис. 3 и 4 соответственно представлены спектры фото-ЭДС и ФП для этих пленок, нанесенных на поликоре. Пленки термообрабатывались в течение 10 и 20 мин в кислородосодержащей атмосфере. Как видно из рисунка, длительная термообработка пленок PbS приводит к изменению знака фото-ЭДС на противоположный при $h\nu = 0,55$ эВ (рис. 3, кривая-3). Вид кривых спектров ФП с увеличением времени термообработки существенно не меняется (рис. 54, кривые 1, 2). В длинноволновой области спектра при $h\nu = 0,3$ эВ ФП имеет небольшой максимум, и с увеличением энергии кванта света наблюдается некоторый спад. Начиная с $h\nu = 0,75$ эВ с увеличением энергии кванта света ФП увеличивается. Такое увеличение фотопроводимости может быть обусловлено либо ударной ионизацией, либо генерацией носителей заряда из глубоких зон [20-25] или из гетеропереходов между кристаллитами и другими соединениями, которые образуются на поверхности пленки и в межкристаллических прослойках во время термообработки. Затем поверхность пленки была снята плазменным травлением и снова измерялись спектры ФП и фото-ЭДС. Травление приводит к исчезновению инверсии знака и увеличению фото-ЭДС (рис.3, кривая 2). Это может объясняться тем, что до травления на поверхности пленки барьеры имели противоположную полярность. Во время плазменного травления снимается тонкий слой поверхности пленок, и тем самым уменьшается вклад барьеров, дающих фото-ЭДС противоположной полярности. Оставшиеся барьеры генерируют фото-ЭДС преимущественно одной полярности, что способствует ее увеличению [26-33]. Эта ситуация, по видимому, близка к имеющейся в случае CdTe после обработки хлором.

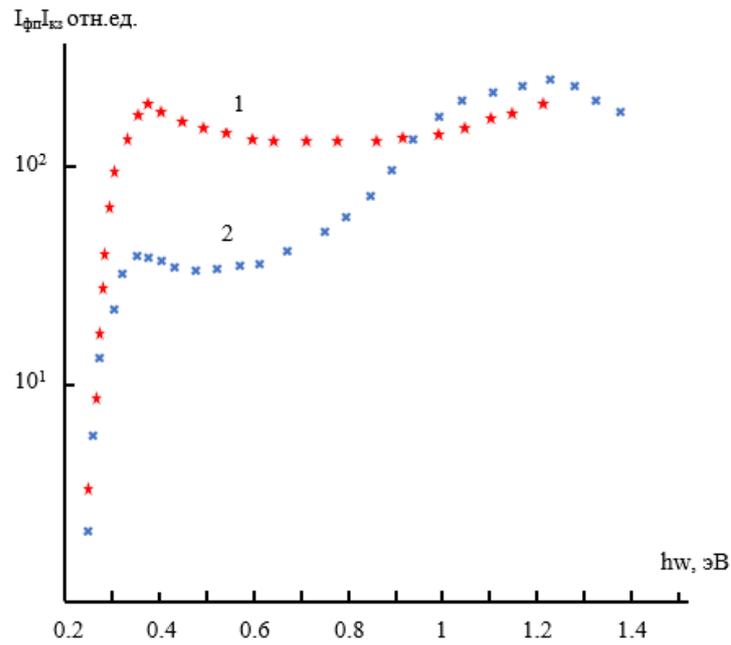


Рис. 1. Спектры ФП (1) и I_{K3} (2) для пленок PbTe, полученных на ситалловой подложке. $T=300K$

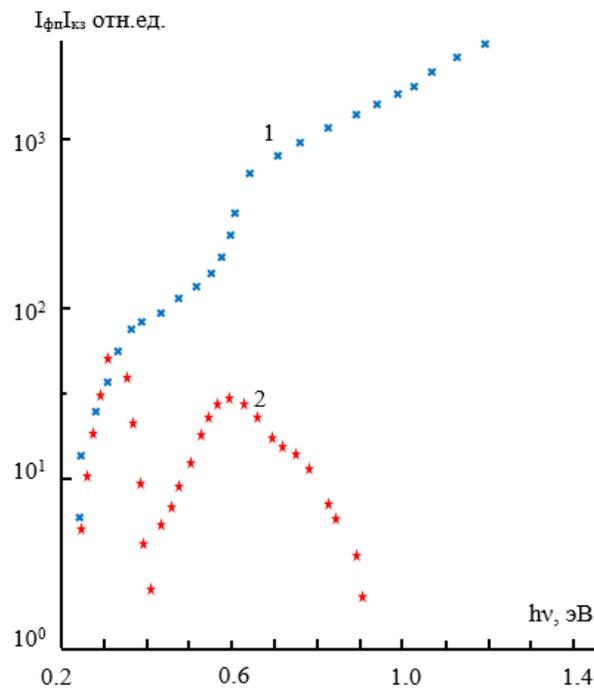


Рис. 2. Спектры ФП (1) и I_{K3} (2) для пленок PbTe полученных на подложке SiO₂-Si. $T=300K$

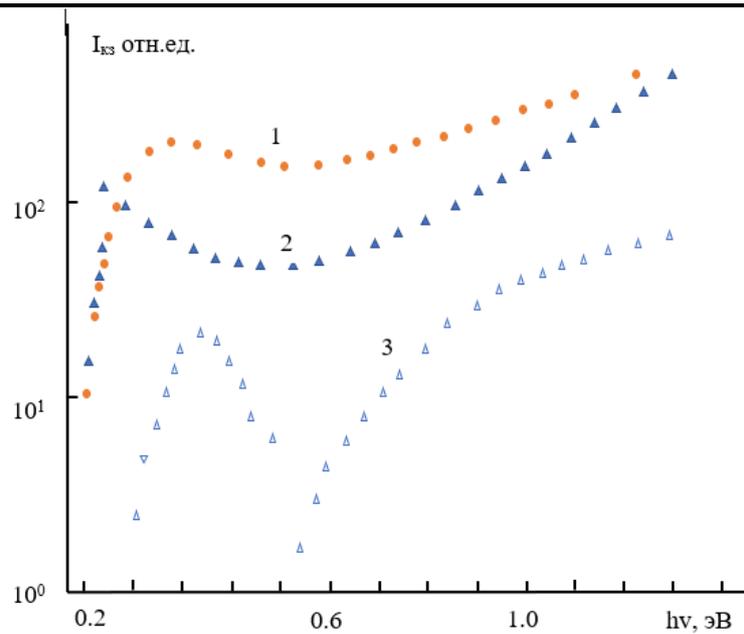


Рис. 3. Спектры фото-ЭДС для пленок PbS, полученных на поликоре. 1- после термообработки 10 мин в кислородосодержащей атмосфере, 2 – после термообработки 20 мин и плазменного травления, 3 – после термообработки 20 мин.

В пленках, нанесенных на $\text{SiO}_2\text{-Si}$ получаются более асимметричные барьеры, которые изменяют полярность фото-ЭДС при тыловом освещении при $h\nu = 0,8\text{эВ}$ (рис.5, кривая 3).

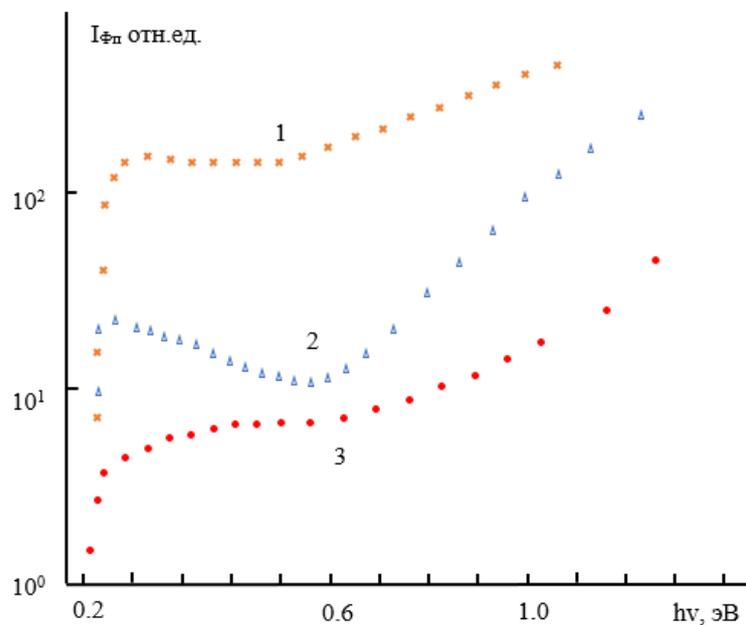


Рис. 4. Спектры ФП для пленок PbS, полученных на поликоре; 1 – после термообработки 10 мин в кислородосодержащей атмосфере; 2 – после термообработки 20 мин; 3 – после термообработки 20 мин и плазменного травления.

Заключения

Таким образом, применяемая нами комплексная методика показала чувствительность к технологии изготовления и обработки слоев, что позволяет применять ее для исследования свойств пленок полупроводниковых соединений A_4B_6 .

Список литературы

1. Агаев, З. Ф., Багиева, Г. З., Нафталиева, Д. З., & Бархалов, Б. Ш. (2008). Электрические свойства монокристаллов $PbTe$ с избытком свинца. *Физика твердого тела*, (3), 92-94.
2. Багиева, Г. З., Муртузов, Г. М., Абдинова, Г. Д., Аллахвердиев, Э. А., & Абдинов, Д. Ш. (2012). Влияние структурных дефектов на теплопроводность поли-и монокристаллического $PbTe$. *Неорганические материалы*, 48(8), 901-904.
3. Багиева, Г. З., Мустафаев, Н. Б., Абдинов, Г. Д., & Абдинов, Д. Ш. (2011). Электрические свойства монокристаллов $PbTe$ с избытком теллура. *Физика и техника полупроводников*, 45(11), 1446-1448.
4. Вайткус, Ю. Ю., Отажонов, С. М., & Халилов, М. М. (2021). Влияние избытка теллура и свинца на деформационные характеристики поликристаллических пленок $PbTe$. *Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research*, 3(1).
5. Отажонов, С. М., Ботиров, К. А., & Алимов, Н. Э. (2022). Влияние деформации на миграции дефектов в фоточувствительных полупроводниковых тонких пленках. *Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities*, 10(12), 73-83.
6. Отажонов, С., Халилов, М., Бойбобоев, Р., Юнусов, Н., & Мамаджонов, У. (2021). Влияние хлора на тензосвойства тонких пленок сульфида свинца. *InterConf*, 329-333.
7. Отажонов, С. М., Ботиров, К. А., Халилов, М. М., Юнусов, Н., & Абдумаликова, М. (2021). спектры поглощения поликристаллических пленок $PbTe$ с избытком теллура. *Editor coordinator*, 954.
8. Akhmedov, T., Otazhonov, S. M., Khalilov, M. M., Yunusov, N., Mamadzhanov, U., & Zhuraev, N. M. (2021, December). Effective dielectric permeability and electrical conductivity of polycrystalline $PbTe$ films with disturbed stoichiometry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2131, No. 5, p. 052008). IOP Publishing.
9. Akhmedov, T., Otajonov, S. M., Usmonov, Y., Khalilov, M. M., Yunusov, N., & Amonov, A. K. (2021, April). Optical properties of polycrystalline films of lead telluride with distributed stichiometry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1889, No. 2, p. 022052). IOP Publishing.
10. Sadikovna, R. O., & Iskandarov, U. U. (2023). Analyses of Base of the Development and Organize of the Digital Television Format. *Eurasian Journal of Media and Communications*, 16, 1-5.
11. Sodikovna, R. O., & Umarovich, I. U. (2023). Research of a multi-stage receiver of a laser microphone. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 14, 240-244.

12. Искандаров, У. У., & Жураева, Г. Ф. (2022). Разработка устройства охраны и безопасности в импульсном режиме с невидимым лазерным лучом. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 10, 252-256.
13. Хосилов, Д. Д., Мадаминов, М. Р., & Йулдашев, Х. Т. (2021). Исследование вольт–амперная характеристика в системе полупроводник– газоразрядный промежутки. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 625-634.
14. Juraeva, G., Ergashev, S., & Sobirova, K. (2022). Optoelectronic converters based on afn elements. *Oriental Journal of Technology and Engineering*, 2(02), 7-13.
15. Rayimjanova, O. S., Akbarova, M., & Ibrokhimova, B. (2022). Thermal converter for horizontal wind speed and temperature control. *Oriental Journal of Technology and Engineering*, 2(02), 14-20.
16. Жураева, Г., Эргашев, Ш., & Собирова, К. (2022). Оптоэлектронные преобразователи на основе афн–элементов. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(5), 246-250.
17. Ismailov, M., & Xolmatov, I. (2022). Optimal methods for designing sewer networks. *Science and Innovation*, 1(7), 744-749.
18. Райимжанова, О. С., Акбарова, М., & Иброхимова, Б. (2022). Тепловой преобразователь для контроля скорости и температуры горизонтального ветра. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(5), 251-256.
19. Madaminov, M. R., & Yuldashev, X. T. (2022). Inverter modeling in improving the energy efficiency of a mobile uninterrupted supply source. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(11), 77-82.
20. Kuldashov, O. H., Dadajonov, T., & Tillaboyev, M. G. (2023). Simulink Model in the Matlab System for Determining the Causes of Possible Damages of Cable Lines. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 14, 92-98.
21. Ergashev, S. (2023). Optoelectronic converters based on apv elements. *European Journal of Emerging Technology and Discoveries*, 1(6), 1-4.
22. Zikirov, M. C., Qosimova, S. F., & Qosimov, L. M. (2021). Direction of modern design activities. *Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR)*, 10(2), 11-18.
23. Эргашев, Ш. У. (2023). Оптроны с тонкой пленкой на базе поликристаллических однополых полупроводниках. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 19, 69-73.
24. Rayimjonova, O., & Ismoilov, A. (2022). The working principle of optical amplifiers and their types. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(12), 140-144.
25. Исмоилов, М. М. (2022). Повышение эффективности систем солнечного теплоснабжения с плоскими солнечными коллекторами: основные резервы и возможные пути их реализации. *Central asian journal of mathematical theory and computer sciences*, 3(12), 79-84.
26. Rayimjonova, O. S., Makhmudov, I. A., & Tillaboyev, M. G. (2022). Model and Method of Intellectualization of the Processes of Providing Resources and Services of the Multiservice Network. *Eurasian Research Bulletin*, 15, 196-200.

27. Рашидов, Ю. К., Исмоилов, М. М., Рашидов, К. Ю., & Файзиев, З. Ф. (2019). Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъемным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции при действии объёмных сил. In *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность-2019* (pp. 1377-1382).
28. Rayimjonova, O. S. (2022). Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors. *American Journal of Applied Science and Technology*, 2(06), 94-97.
29. Исмаилов, М. М. (2022). Разработка энергоэффективного солнечного коллектора. *Central asian journal of mathematical theory and computer sciences*, 3(12), 207-210.
30. Rashidov, Y. K., Aytmuratov, B., & Ismailov, M. M. (2022, December). Increasing the thermal performance of flat plate solar collectors. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2762, No. 1). AIP Publishing.
31. Komilov, D. R., Makhmudov, I. A., & Tillaboyev, M. G. (2023). Use of radio relay devices in telecommunication systems. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(04), 72-77.
32. Abdusamatov, A. X. (2023). Обнаружение Повреждений В Электрически Обесточенных Линиях Электропередачи. *Diversity Research: Journal of Analysis and Trends*, 1(6), 62-69.
33. Kuldashov, O. H., Komilov, A. O., & Nosirov, M. A. (2022). Development of Simulation Model of Power Installations for power Supply for Agricultural Consumers. *Eurasian Research Bulletin*, 15, 190-195.