



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКООМНЫХ БАЗОВЫХ СЛОЕВ A_2B_6 МЕТОДОМ ТЕРМОВАКУУМНОЙ КОНДЕНСАЦИИ В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЁМЕ

Я.Усмонов

Доцент Ферганского государственного университета
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10060128>

Аннотация. В данной статье рассмотрено разработка технологии получения низкоомных базовых слоёв A_2B_6 методом термовакuumной конденсации в квазизамкнутом объёме. Так же показано методы химического осаждения в растворе CuCl для получения фотопреобразователя на основе $Si_{2-x}Te-CdTe$. При получении плёнок полупроводников в квазизамкнутом объёме возможно уменьшить перепад температур между подложкой и испарителем.

Ключевые слова: термовакuum, низкоомный, фотовольтаический, фазовый состав, квазизамкнутый объём.

Разработана технология получения низкоомных тонких плёнок соединений A_2B_6 методом термовакuumной конденсации в квазизамкнутом объёме. Получены солнечные фотопреобразователи типа $Si_{2-x}Te-CdTe$ методом химического осаждения в водном растворе CuCl. Исследованы влияния кислотности (pH) и температуры раствора на выходные параметры элементов. Представлена машинная программа по расчёту таких основных параметров гетероперехода, как R_n , R_{sh} , I_0 и n . По исследованию световых и темновых ВАХ, её температурной зависимости, а также ВФХ установлен характер распределения примесей, определены параметры ГП, выявлены механизмы прохождения тока. Проанализирована зависимость тока короткого замыкания от длины волны падающих квантов. Установлен механизм фотовольтаического эффекта в структуре $Si_{2-x}Te-CdTe$.

Существуют различные способы получения базовых слоёв A_2B_6 для преобразователей солнечной энергии, наиболее эффективным среди которых является вакуумное испарение материалов A_2B_6 .

В большинстве случаев процесс термического испарения производится в открытых системах, в которых тигель и подложка устанавливаются в одном объёме, ограниченном вакуумной камерой. Однако, как показывают эксперименты, процесс открытого испарения приводит к загрязнению плёнок A_2B_6 , что связано с наличием примесей в системе для испарения. Кроме того, метод открытого термического вакуумного испарения имеет ряд недостатков наиболее существенными среди которых являются следующие:

- трудность контролирования химического и фазового состава плёнки;
- плёнки не могут быть конденсированы при достаточно высоких температурах подложки, что ограничивает размер кристалликов плёнки, который в свою очередь снижает подвижность носителей.

Одними из способов устранения этих недостатков является получения плёнок A_2B_6 методом термического вакуумного испарения в квазизамкнутом объёме [1]. При

получение плёнок полупроводников в квазизамкнутом объёме возможно уменьшить перепад температур между подложкой и испарителем до минимума.

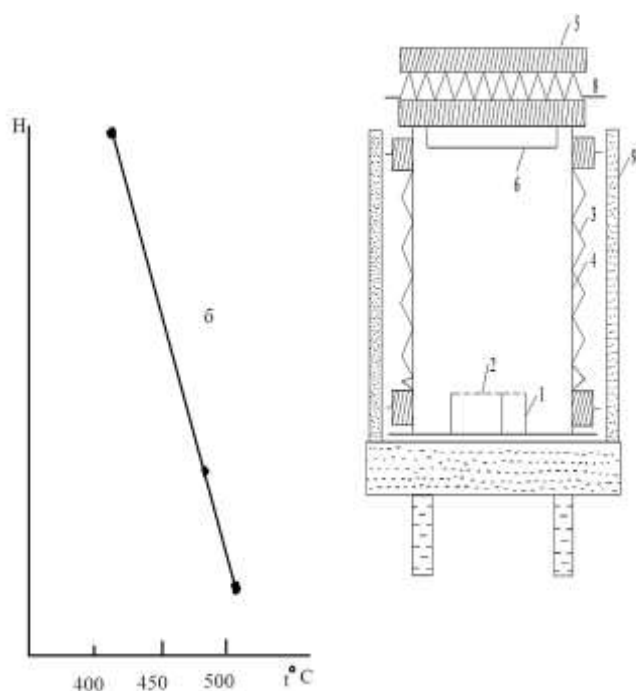


Рис. 1. Технологическая камера для получения полупроводниковых плёнок в квазизамкнутом объёме (а) и градиент температуры по высоте стенки (б)

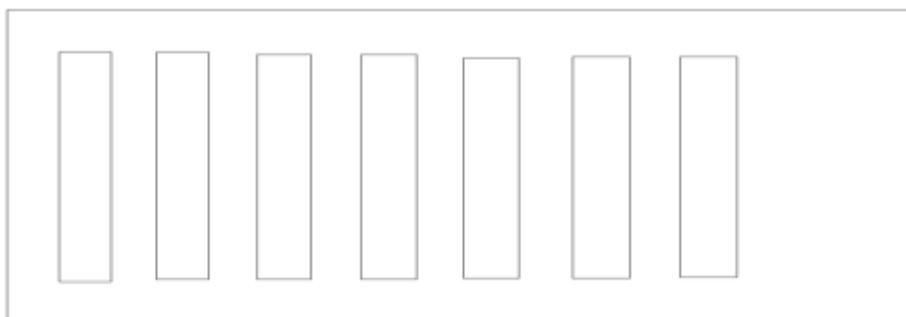


Рис.2. Технологическая маска для получения полупроводниковых плёнок ($\Delta t = t_n - t_{\text{п}} = 5 \div 25^\circ\text{C}$).

Достоинством метода получения полупроводниковых плёнок в квазизамкнутом объёме является возможность создавать высокие давления паров вблизи подложек, получать толстые плёнки, строгого контролирования фазовым составом плёнок, работать при достаточно высоких температурах подложки и малых Δt . На рис. 1а. показана технологическая камера для получения полупроводниковых плёнок A^2B^6 в квазизамкнутом объёме. В качестве испарителя используется танталовый испаритель (1). Во избежание прямого попадания крупных частиц A^2B^6 в подложку, испаритель снабжён молибденовым (танталовым) фильтром. Кроме того, фильтр служит и для напыления легирующей примеси, например, индия. Испаритель заключен в кварцевую камеру (3). Для повышения давления паров производится нагрев кварцевой стенки вольфрамовой проволокой (4). Причём густота проволоки по высоте стенки

расположена таким образом, что даёт градиент температуры по высоте стенки (рис. 1б). Камера сверху замкнута подложка-держателем (5) с подложкой (6). Нагрев подложки осуществляется как за счёт нагревателя (8), так и за счёт нагревателя (4). Для уменьшения тепловых потерь за счёт излучения камера для испарения снабжена радиационным экраном (9) из танталовой фольги.

Для проведения измерения проводимости плёнок A^2B^6 плёнки получались по форме, показанной на рис. 2.

По вышеописанной технологии получались плёнки A^2B^6 (в частности, CdS) в вакууме $10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-5}$ Тор. Температура испарителя составляла 525-600°C, время напыления - 30÷60 мин. Температура подложки варьировала от 325°C до 450°C.

Использованные литературы:

1. L.Leontie, V.Nedeff, I.Evtodiev, M Stamate. Photoelectric properties of Bi2O3/GaSe heterojunctions. February 2009 Applied Physics Letters 94(7):071903-071903-3. DOI:10.1063/1.3035854
2. V.N.Katerynychuk, Z.D.Kovalyuk, Z.Kudrynskyi. Photoelectric properties of n-ITO/p-GaTe heterojunctions. May 2015 Semiconductors 49(5):600-603. DOI:10.1134/S1063782615050085
3. Kangwei Cen, Shenlang Yan, Ning Yang, Xiansheng Dong, Luzhen Xie, Mengqiu Long, Tong Chen. The adjustable electronic and photoelectric properties of the WS2/WSe2 and WSe2/WTe2 van der Waals heterostructures. Vacuum. Volume 212, June 2023, 112020. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2023.112020>
4. Jianpei Wang, Haiying Yang, Ping Yang. Photoelectric properties of 2D ZnO, graphene, silicene materials and their heterostructures. Composites Part B: Engineering/ Volume 233, 15 March 2022, 109645.
5. A.Hendi, R.Alkhraif, H.Alshehri, F.AlKallas, M. Almoneef. Photovoltaic Performance of Thin-Film CdTe for Solar Cell Applications. Journal of Nanofluids / Vol. 10, pp. 91–97, 2021/ www.aspbs.com/jon
6. Intu Sharma, Bodh Raj Mehta. KPFM and CAFM based studies of MoS2 (2D)/WS2 heterojunction patterns fabricated using stencil mask lithography technique. Journal of Alloys and Compounds / Volume 723, 5 November 2017, Pages 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.06.203>
8. SM Otajonov, RN Ergashev, T Axmedov, Ya Usmonov, B Karimov. Photoelectric properties of solar cells based on pCdTe-nCdS and pCdTe-nCdSe heterostructures. Journal of Physics: Conference Series. 2022/12/1. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2388/1/012062/meta>
9. SM Otazhonov, RN Ergashev, KA Botirov, BA Qaxxorova, MA Xudoynazarova, NA Abdukarimova. Influence of thickness and temperature on photoelectric properties of p-CdTe-nCdS and pCdTe-CdSe heterostructures. Journal of Physics: Conference Series. (2022, December). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2388/1/012001>
10. I.Karimov S.M.Otajonov, R.N.Ergashev. Electrophysical and surface active properties of p-CdTe-nCDS and pCdTe-CdSe heterostructures with deep impurity levels. Modern trends in the development of semiconductor physics: achievements, problems and prospects. © Research Institute of FPM, 2022

11. Tursunboy Axmedov, Siddikova Ranoxon Abdulxay qizi, Xusanova Lobarxon Murodovna //Basics of Wood Materials and Woodworking Technology// Texas Journal of Engineering and Technology. <https://zienjournals.com>. VOL. 9, JUNE, 2022. 100-102 pages.
12. Yakubjon Usmanov, Ikromova Komila Hamidullo qizi //Use of Innovative Technologies in Teaching Electrical Engineering// Texas Journal of Engineering and Technology. <https://zienjournals.com>. VOL. 9, JUNE, 2022. 97-99 pages.
13. Salim Madrahimovich Otajonov, Qaxxorova Barchinoy Abdiraximovna //Polymer and Composition Materials// Texas Journal of Engineering and Technology. <https://zienjournals.com>. VOL. 9, JUNE, 2022. 103-106 pages.
14. Otazhonov S.M., Yunusov N., Qakhkhorova B. //DEFORMATION CHARACTERISTICS OF PbTe-Te POLYCRYSTALLINE FILMS// SCIENCE AND WORLD International scientific journal № 3 (103), 2022. 27-31 page
15. Отажонов С.М., Юнусов Н., Қаххорова Б //ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК РbTe-Te// Деформационный наука и мир 2022 №3.
16. Qaxxorova Barchinoy Abdiraximovna, Ikromova Komila Hamidullo qizi, Nazirova Arofatxon Maxmudjon qizi //INNOVATIVE METHODS USED IN THE EDUCATIONAL PROCESS// IJODKOR O'QITUVCHI JURNALI. 5 IYUN / 2022 YIL / 19 – SON. 277-283 betlar.
17. Ikromova Komila Hamidullo qizi, Qaxxorova Barchinoy Abdiraximovna //MATERIALS SCIENCE AND ITS PROBLEMS// IJODKOR O'QITUVCHI JURNALI. 5 IYUN / 2022 YIL / 19 – SON. 288-292 betlar.
18. Otazhonov S.M., Botirov K.A., Khalilov M.M., Yunusov N //EFFECT OF DEFORMATION ON DEFECT MIGRATION IN PHOTSENSITIVE THIN FILMS CdTe: Ag AND PbTe// Science and World International scientific journal № 6 (94) июн 2021 ISSN 2308-4804 . IF 0,325 Pages 11-16
19. Отажонов С.М., Ахмедов Т., Усмонов Я., Ботиров К.А., Халилов М.М., Юнусов Н. //ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК РbTe С ИЗБЫТКОМ ТЕЛЛУРА И СВИНЦА// Science and World International scientific journal. 2021. № 3 (91). 18-22 pages.
20. T Akhmedov , S M Otajonov, Ya Usmonov, M M Khalilov, N Yunusov and A K Amonov // Optical properties of polycrystalline films of lead telluride with distributed stichiometry// Journal of Physics Conference Series/ 1889(2021)022052 doi:10.1088/1742-6596/1889/2/022052. 1-8 pages.
21. Салим Мадрахимович Отажонов, Абдуқаҳор Маматбоқиевич Худойбердиев, Ботиров Қодир Абдуллаевич, Мухаммадмусо Мухаммаджонович Халилов, Нурзод Юнусов, Улугбек Мамажонов //Тензочувствительности полупроводниковых пленок с мелких и глубоких примесей при температуре жидким гелием// Universum: технические науки. 12-2 (69) 2019. 28-32 pages.
22. E Gaubas, T Čeponis, D Dobrovolskas, J Mickevičius, J Pavlov, V Rumbauskas, JV Vaitkus, N Alimov, S Otajonov //Study of polycrystalline CdTe films by contact and contactless pulsed photo-ionization spectroscopy// Thin Solid Films. 2018/8/30. 231-235 pages.
23. T Akhmedov, SM Otazhonov, MM Khalilov, N Yunusov, U Mamadzhanov, NM Zhuraev //Effective dielectric permeability and electrical conductivity of polycrystalline PbTe films with disturbed stochiometry// Journal of Physics: Conference Series 2021/12/1 052008/

24. Салим Отажонов, Кодир Ботиров, Пахлавон Мовлонов, Нурзод Юнусов //ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ $\text{Cu}_2\text{-X Te-CdTe}$ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРОБОТКЕ// InterConf 2021/2/12/
25. СМ Отажонов, МХ Рахмонкулов, ПИ Мовлонов, Н Юнусов //Влияние термообработки на фотоэлектрические свойства гетероструктуры $\text{Cu}_2\text{-xTe-CdTe}$ // Science, 2021. 89.
26. Салим Отажонов, Кодир Ботиров, Бахтиёр Раззоков, Нурзодбек Юнусов //ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА $\text{Cu}_2\text{-x Te-CdTe}$ // InterConf 2020/12/12.
27. S Otazhonov, N Alimov, P Movlonov, K Botirov //CdTe-SiO₂-Si-Al HETEROSTRUCTURE PHOTSENSITIVITY CONTROL WITH DEEP IMPURITY LEVELS UNDER EXTERNAL FACTORS// Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering. 05.2020. 5
28. Салим Отажонов, Кодир Ботиров, Мухаммадмусо Халилов //СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК PbS ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ// Science and World International scientific journal. 2020/8. 11-16 pages.
29. Салим Отажонов //Изучение деформационных эффектов в нанокристаллических фоточувствительных активированных тонких пленках p-CdTe // Журнал физики и инженерии поверхности. 02.2016
30. ЮЮ Вайткус, НХ Юлдашев, СМ Отажонов //О механизме образования высоковольтной фото-ЭДС в тонких косонапыленных пленках CdTe: Ag при собственном и примесном поглощении// Физическая инженерия поверхности. 2005.

