

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК CdTe МЕТОДОМ МАГНЕТРОННО-ИОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Sultanpasha Anvarovna Muzafarova

Институт физики полупроводников и микроэлектроники
Национального университета Узбекистана, 20, Янги Алмазор ул.,
Ташкент, 100057, Узбекистан, samusu@rambler.ru

Olimjon Sheraliyevich Norqulov

Институт физики полупроводников и микроэлектроники
Национального университета Узбекистана, 20 Янги Алмазор ул.,
Ташкент, 100057, Узбекистан, @olimjotnorkulov

Tukhtasheva Malokhat Nafasovna

Tashkent Institute of Chemical Technology, Uzbekistan,
nafasovnanafasovna@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17937401>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 06-dekabr 2025 yil
Ma'qullandi: 11-dekabr 2025 yil
Nashr qilindi: 15-dekabr 2025 yil

KEY WORDS

Магнетрон, толщина, мишень,
температура, сопротивление,
давление

ABSTRACT

Материалы CdTe методом распыления магнетрона изготовлены в основном газотранспортной реакции в потоке водорода на молибденовые и графитовые подложки при высокой температуре зоны порядка $T \approx 600-9500^\circ\text{C}$. Для испарения использовались мелко зерновые порошки CdTe. Были опробованы разные режимы выращивания плёнок, и также менялись расстояния «испаритель-подложка». Мишени получались разными по структуре и по толщине. Толщина $d \approx 100-500$ мкм, диаметр $D \approx 4-5$ см. Общее количество мишени, опробованные в плазме порядка 30 шт. Качественные наилучшие образцы для мишени получены, тогда температура источника $T_{\text{и}}=9500^\circ\text{C}$ и температура подложки $T_{\text{п}}=7000^\circ\text{C}$, а расстояние между источником и подложкой равно 2 см

Введение. При выращивании пленок CdTe, из-за влияния состава исходных компонентов Cd и Te в газовой фазе могут зарождаться микрокристаллы как кубической, так и гексагональной модификации. Критическим зародышем гексагональной модификации, с которого начинается рост кристалла на исходных подложках, служат атомы халькогенида, а кубической модификации атомы металла. При конденсации пленок соединения A_2B_6 одновременное формирование кристаллитов двух модификации на подложках является двуцентровое зародышеобразование, как атомов металла, так и атомов халькогенидная [1]. Это приводит к тому, что в растущих частицах для компенсации из-за несоответствия параметров решетки подложек и пленок CdTe возникают разные типы дефектов. Двухфазный механизм происходит на основе насыщения, где размер плато уменьшается с уменьшением температуры подложки $T_{\text{п}}$ или с увеличением осаждаемых плотности атомов N_s от температуры

источника $T_{и}$. Повышение температуры подложки Mo $T_0 > 650^{\circ}C$ привело к уменьшению плотности мелких частиц – зародышей с треугольной огранкой. Скорость образования мелких частиц при всех условиях 0.5 – 2 раза выше, чем крупных. Скорость зародышеобразования мелких и крупных частиц, соотношения между ними, и их размеры при постоянной температуре подложки меняются в широких пределах, в зависимости от реального состава пленок CdTe. Морфология и совершенство структуры пленок CdTe в основном определяются значениями температуры подложки $T_{п}$, скоростью испарения $\dot{Q}_{и}$ и кратностью избытка атомов металла и халькогенидная в объеме. Это обусловлено изменением кинетики адсорбции атомов металла и халькогенидная за счёт изменения соотношения их концентрации на поверхности подложки. Вследствие чего, изменение величины свободной удельной поверхностной энергии приводит к изменению формы роста кристаллов [2].

Эксперимент. Отношение упругости паров кадмия (Cd) и теллура (Te) над конденсатом становится равным единице, что способствует выращивание массивных образцов CdTe достаточно с высоким стехиометрическим составом и электрофизическими, фотоэлектрическими свойствами. Диаметр образца CdTe составлял 5см, а толщина его была равна 3мм, осаждались на стеклянные подложки с проводящими контактами SnO_2 . Выбор подложки объясняется с исследовательской точки зрения. Толщина плёнки CdTe на подложке составляла $d \sim 2 \div 7$ мкм. Подложки специально извне не нагревались. Нагрев происходил в процессе осаждения пленок плазмой.

Температура подложки колебалась от $T=50^{\circ}C$ до $T=150^{\circ}C$ в зависимости времени осаждения и выделяемой мощности плазмы в зависимости выбираемой мишени.

Режим давления аргона устанавливался в сторону его уменьшения. Это объясняется тем, как известно из литературы, что количество распылённых атомов вещества, которое возвращается на мишень в результате обратной диффузии, также увеличивается с давлением. Однако при давлениях аргона, меньших $2 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст., обратная диффузия пренебрежимо мала. Только при давлениях превышающих примерно $13 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст. на мишень путем диффузии будет возвращаться более половины распыляемого материала. Повторное распыление этого материала и его осаждения на подложку делает плёнку загрязненной. Поэтому оптимальной величиной давления аргона в пределах $(5-6) \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст. Расстояние мишень-подложка $H \sim 4,5 \div 5$ см. Это расстояние считается близкой к оптимальному. Для определения расстояния было проведено косое осаждение на сеталле в форме линейке длиной $L=6$ см, где нижний конец устанавливался на 5 мм выше поверхности мишени. После осаждения материала мишени на эту линейку, была обнаружена три области осаждения. Первая от мишени $L=1,5 \div 2$ см многократное осаждение. Вторая от мишени $L=1,5 \div 2$ см до $L=3$ см осаждение с матовым оттенком и третья от $L=3$ см и выше осаждение с гладкой зеркальной поверхностью. Экспериментально были получены пленки CdTe 20 штук. Адгезия пленок CdTe к стеклянной подложке определялась царапиной поверхности пленок. Если пленка осаждался на нагретой подложке, адгезия была слабая. Даже небольшие усилия острием лезвия способствовала удалению большого куска пленки. Если пленка получилась толстой, то сама отделялась от подложки.

При температуре подложки $T > 200^{\circ}\text{C}$ адгезия пленок к подложке получалась, достаточно хорошая. Структура полученной пленки снято с помощью микроскопа визуального наблюдения МИМ-7. Если поверхность пленки зеркальная, то в микроскопе видно поверхность, которые состоят из кристаллитов, рис.1.8а т.е. Как видно плёнка состоит из очень мелкозернистых кристаллитов.

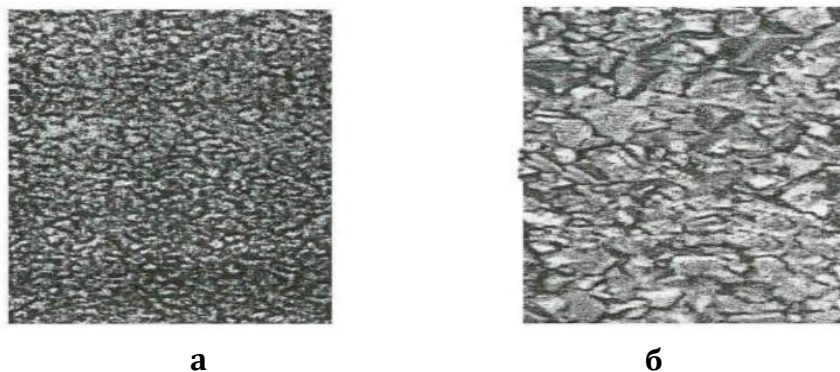
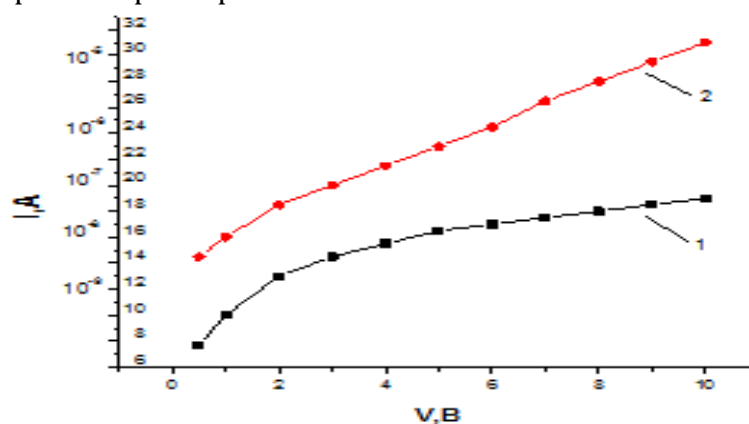


Рис.1 Микрофотография поверхности плёнок CdTe полученных методом М.С.И.Р. из различных мишеней.

Электрические характеристики. Полученные пленки CdTe условно можно разделить на две группы. Первый тип образцов пленок CdTe имели сопротивления порядка $R \sim 10^3$ Ом.см, при $S = 2 \cdot 10^{-2}$ см², $d \sim 3 \cdot 10^{-4}$ см, отсюда $\rho_t \sim 6 \cdot 10^4$ Ом.см, фото чувствительностью не обладает. Произвели нагрев от лампы накаливания от комнатной температуры до $T \sim 100 \div 150^{\circ}\text{C}$, тогда ρ_t снизился примерно до $\rho \sim 10^4$ Ом.см. После этого этот образец подвергался отжигу в потоке водорода до температур $T \sim 250^{\circ}\text{C}$ в течении $t = 30$ мин. Измерение после отжига показало тоже самое, что было до отжига. Значение $\rho \sim 6 \cdot 10^4$ Ом.см носит чисто качественный характер, что близко подходит к удельному сопротивлению не легированных поликристаллов составило $\rho \sim 10^5 \div 10^6$ Ом.см.

На других образцах также было произведено сравнение их удельного сопротивления с удельным сопротивлением мишени. Для этого напылялись омические контакты из золота. После этого снималась вольтамперная освещённости $E = 5000$ лк, которые приведены на рис.2. характеристика на постоянном токе в темноте (1) и на



свету (2) при

Рис.1. Вольтамперная характеристика плёнки: 1-темновая; 2- световая.

Из этих ВАХ вычисленное удельное сопротивление в темноте составили $\rho \approx 10^7$ Ом.см, а на свету $\rho \approx 5 \cdot 10^5 \div 10^6$ Ом.см.

Результат. Сопоставление ρ пленки с ρ мишени показывает, что оно почти на 2 порядка больше, чем сопротивление мишени. На этих образцах были также сняты значения полной проводимости на малых переменных сигналах. Анализ данных этих таблиц показывает, что микропараметры пленки ещё не достигли микропараметров мишени, хотя они достаточно приблизились к ним.

Из этих характеристик вычисленное удельное сопротивление CdTe равнялось $10^6 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ в темноте и $10^4 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ на свету. Далее на этом образце были определены длины диффузии неосновных носителей заряда по методу описанной в [3].

Литература:

- 1.Калинкин И.П., Алесковский В.Б., Симашкевич А.В. Эпитаксиальные пленки соединений A2B6. Ленинград, 1978.
- 2.S.A. Achilov, S.A. Muzafarova, G.A. Muzafarova, A. Kutlimratov "Magnetron ionli purkash usuli bilan olingan ito qatlamlarining xususiyatlari" Ёш олимлар ва физик талабаларнинг V республика илмий анжумани (ЁОФТРИА-V) Тошкент, 2025. 65-68-б.
- 3.S.A. Muzafarova, A.S. Achilov, Z.M. Xusanov, O.Sh. Norqulov, N.A.Axmedova, N.O. Odilova, "Gaz tashish usuli orqali teksturali kremniyning ustiga yupqa qatlamli CdTe o'stirish" Ёш олимлар ва физик талабаларнинг V республика илмий анжумани (ЁОФТРИА-V) Тошкент, 2025. 47-49-б

INNOVATIVE
ACADEMY