



КИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ АФН ЭФФЕКТА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19005664>

Мамадалиева Лола Камилджановна

Фаргона давлат техника университети т.ф.д. профессори,

Исмоилов Муслимбек Муроджон ўғли

Фаргона давлат техника университети таянч докторанти

(muslimbek.ismoilov@ferpi.uz) (+998911508396)

При испарении материала на подложку под углом образуется множество *p-n* и *n-p*- переходов на расстоянии различной глубины от поверхности слоя. По причине асимметричного освещения этих переходов, фотонапряжения ($U < k/q$) в них взаимно не компенсируется. Это способствует возникновению аномального фотонапряжения величиной порядка $\sim 10000\text{В/см}$.

Число слоев аномальных фотонапряжений на материалах CdTe, Sb₂Se₃ составляет нескольких тысяч микроскопического *p-n*- переходов (слою длиной 1см соответствует 10^5 *p-n*- перехода) [1, 2]. Поэтому значение фотомагнитного напряжения в этих слоях также могут принимать большие величины.

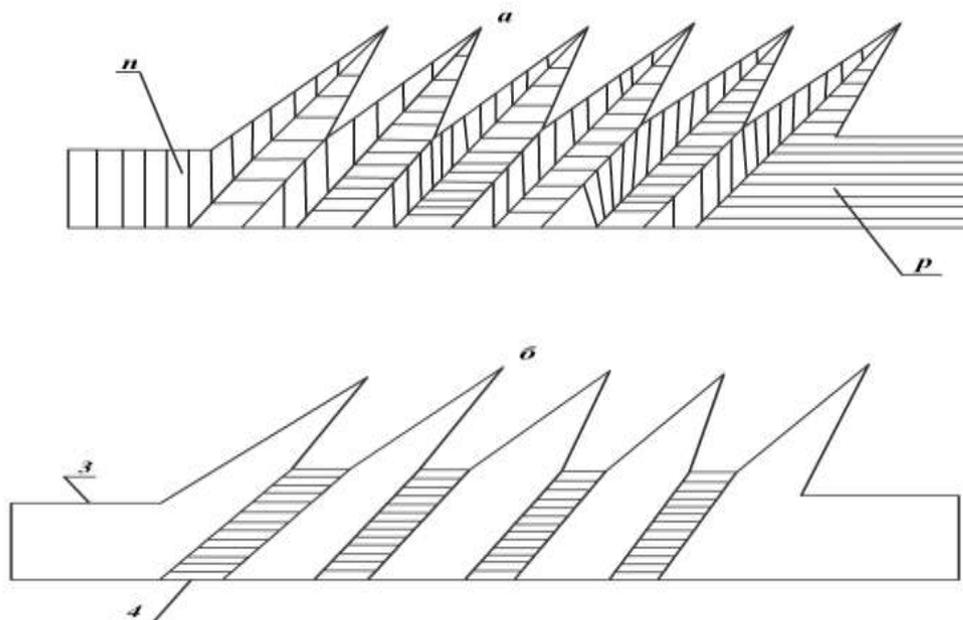


Рис.1. Модель АФН-плёнки: а) из микро *p-n* – переходов; б) из фотодиффузионных микрообластей, (3-фотоактивная область; 4-прослойка)



Для изучения явления АФН-эффекта, конкретно рассмотрим пленки из теллурида кадмия со серебристым отражающим слоем на тыльной стороне подложки.

На основе p - n -переходной модели можно видеть, что линейность ВАХ связана с последовательным включением большого числа ($\sim 10^5$) p - n – и n - p – переходов, на каждый из которых подает смещающее напряжение $0,1$ В, т.е. $\frac{kT}{q}$.

По данным [3], определенные выводы о природе явления можно сделать на основе зависимости фотонапряжения от угла падения света. Если наблюдается инверсия знака фотонапряжения в пределах $0 \dots 180^\circ$, это свидетельствует о фотодиффузионном (демберовском) механизме АФН-эффекта. Если при изменении угла падения в указанных пределах инверсия знака фотонапряжения не имеет места. Тогда АФН-эффект связан с p - n переходным механизмом.

В пленках теллурида и селенида кадмия и теллурида кадмия с серебряным отражающим слоем АФН-эффект можно объяснить моделью p - n переходов, так как на кривых $U_{\text{АФН}}$ не наблюдается инверсия фотонапряжения. У них адаптивность фотонапряжения не наблюдается даже в тех случаях, когда фотонапряжения имеет одинаковую полярность при освещении с фронтальной и тыльной поверхностью. Такое явление можно объяснить на основе p - n переходной модели согласно представлению, что АФН-пленка состоит из активного при поверхностного и неактивного объемного слоев [4]. При освещении с тыльной стороны в фотовольтаически неактивном слое свет частично поглощается. Этот слой обладает фотопроводимостью и шунтирует, снижая этим генерируемое фотонапряжение. Отсутствие процесса шунтирования способствует адаптивностью фотонапряжений при тыловом и фронтальном освещении. Анализ температурных зависимостей $U_{\text{АФН}} = \varphi(T)$ показывает, что практически для пленок всех материалов они совпадают с зависимостями $R = \varphi(T)$. Это указывает, что первичным процессом в АФН-эффекте является генерация фототока а фотонапряжение – результат протекания фототока в фотогенераторе с большим внутренним сопротивлением. Вольт-амперные характеристики исследованных пленок оказывается линейным до фотонапряжений 500 В/см.

В исследованных пленках, как и в работе [2], которые подвергались термической обработке на воздухе (см.рис.2.7) фотонапряжения пленки сначала возрастает (кривая 1), а потом уменьшается. $I_{\text{кз}}$ с увеличением температуры до 200°C снижается (кривая 3), сопротивление пленок при $50 \dots 100^\circ\text{C}$ повышается (кривая 2).

В вакуумнообработанных пленках $5 \dots 200^\circ\text{C}$ фотонапряжение и сопротивление возрастает $I_{\text{кз}}$ снижается (кривая 3). Дальнейшее увеличение температуры приводит



к уменьшению $U_{\text{АФН}}$ и R , а $I_{\text{кз.}} = \text{const.}$ В процессе термообработки полярность пленок оставалось неизменной. $\Phi_{\text{осв}} = 5 \cdot 10^4$ лк.

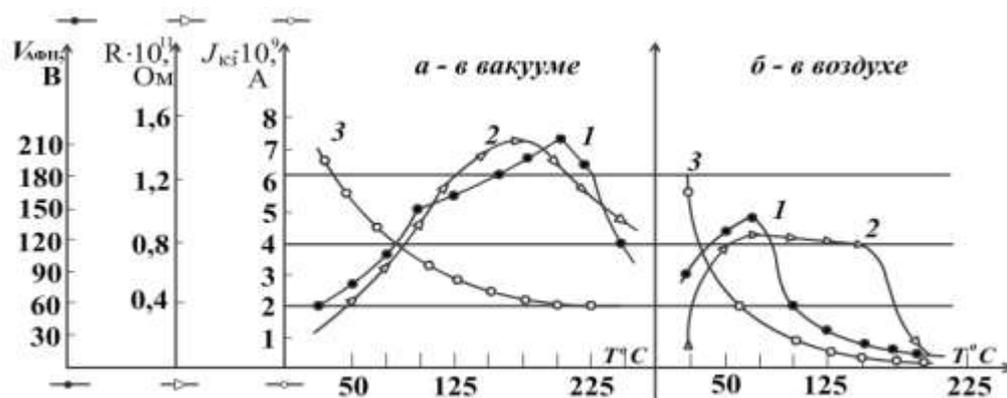


Рис.2. Зависимость $V_{\text{АФН}}$, R и $J_{\text{кз}}$ от T при обработке пленок.

Анализ графиков температурных зависимостей показывает [5] что АФН эффект в пленках теллурида кадмия связан с суммированием напряжений $p-n$ – переходов, образующихся на границе гексогональной (0001) и кубических фаз (111). Кроме того, АФН-эффект в пленках $\text{CdTe} - \text{Ag}$ и других сложных полупроводниковых соединениях тоже связан с $p-n$ -переходным механизмом.

Действительно, как это показано в [5] удельное сопротивление пленок, вычисленное по измеренному значению ρ и геометрии пленок, на несколько порядков больше удельного сопротивления исходного материала. Причиной этого является наличие в АФН-пленках высокоомной прослойки. Хотя для демберовского механизма АФН-эффекта роль таких прослоек является принципиально важной, для пленок с $p-n$ – переходным механизмом АФН-эффекта не очень-то принципиально. В первом случае эти прослойки препятствуют обмену носителями тока между соседними фотоактивными микроэлементами. Исходя из этого, пленка представляется как батарея, состоящую из множества активных участков разделенных прослойками.

В конструкции АФН пленок из теллурида кадмия возможность образования $p-n$ – переходов объясняется тем [5], что, дефект упаковки в кубической границентрированной структуре представляет собой расположение нескольких атомных слоев в последовательности соответствующей гексогональной плотно упакованной структуре, относительно которой имеется зеркальное отражения.

Остальные плоскости кубической границентрированной структуры и области, разделяемые дефектом упаковки, обладают $p - n$ типом проводимости. $p -$ типом проводимости обладают области при локальном отклонении состава от стехиометрического в сторону Te , а n – типом в сторону Cd .



По плоскостям (111) в кристаллитах пленки образуются двойниковые дефекты упаковки, на которых возникают $p-n$ – переходы.

АФН-пленка получается путем наклонного напыления, в результате которого образуется множество (несколько тысяч!) кристаллиты (т.е. те же самые $p-n$ переходы). И эти неодинаковые потенциальные барьеры с отдалением подложки от поверхности пленки увеличиваются. Что касается к уровню Ферми, то она смещается ближе к валентной зоне. Если учесть мнения вышеприведенных авторов, то причинами увеличения барьеров и смещения уровня Ферми могут быть: увеличение совершенства кристаллической структуры пленки от подложки к ее поверхности (ближе к подложке пленка является менее совершенной), изменение состава испаряемой шихты во время конденсации пленок и другие. До освещения пленки носители заряда находятся в потенциальных ямах, а система $p-n$ переходов в равновесном состоянии. При освещении пленки происходит перераспределение электронов и дырок на $p-n$ –переходах. **Каждый $p-n$ –переход становится микрофотоэлементом.** При этом на соседних переходах ($p-n$ и $n-p$) возникают фото – ЭДС противоположенных знаков. На переходах, ближе к поверхности пленки, из-за более высоких потенциальных барьеров возникают фото – ЭДС, абсолютные величины которых больше, чем на соответствующих $p-n$ и $n-p$ – переходах, находящихся ближе к подложке.

ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.-М.: Физматгиз, 1963. С 494. (16)
2. Мирзамахмудов Т.М. Юпқа яримўтказгич қатламлар олиш ва улардаги баъзи бир фотоэлектрик ходисалар. Тошкент “ФАН” нашриёти 1996. 124 Б. (20)
3. Под ред. Адировича Э.И. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и оптоэлектроника. Ташкент: ФАН, 1982. С. 143-229. (17)
4. Равич Ю. И. Фотомагнитный эффект в полупроводниках и его применение. М.: Л, 1959.С 262 .(21)
5. Рахимов Н.Р., Серьезнов А.Н. АФН-пленки и их применение. -Новосибирск, 2005.-65с.(19)
6. Адирович Э.И., Мاستов Э.М.и др. //Аномально полупроводниковых пленках. Фотоэлектрические явления большие фотоэлектрический и фотомагнитный эффекты в полупроводниках и оптоэлектроника. Ташкент. ФАН, 2012. С 143-229.(18)
7. Фотоэлектрические модули и элементы order @ solarhome.ru.(с интернета) (22)

УДК: 32.327