

УДК 681.7.068

Найманбоев Р.  
канд. физ.-мат. наук, доцент

Ахунов К.Х.  
канд. техн. наук

Ферганский государственный педагогический институт  
Узбекистан, г. Фергана

## ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПАРАМЕТРОВ ФОТОПРИЕМНИКОВ ГЕНЕРАТОРНОГО ТИПА

В работе приводятся результаты исследований АФН-эффекта в поликристаллических тонких пленках селенида меди и индия, полученных дискретным испарением в вакууме. Показано, что избыточная доля содержания атомов в пленке существенно влияет на АФН, удельное сопротивление пленок. Механизм образования АФН определен на основе угловых и спектральных зависимостей.

**Ключевые слова:** АФН-эффект, экспериментальная установка, электрическая энергия, оптические лучи, пленки, материал, фотоэлектрическая эффективность, эксперимент.

В работе проведено исследование влияния неоднородностей кластерного типа на свойства АФН-элементов с двойным лучепреломлением. Изучены магнитно-оптические, электрооптические эффекты на этих пленках.

Для обеспечения удовлетворительной точности влияния нестехиометричности, неоднородности АФН-элементов на их фотоэлектрические, магнитно-оптические, электрооптические и другие свойства необходимы специальные методы получения АФН-элементов. Дело в том, что часто из-за неоднородностей возникают анизотропии фотоэлектрических эффектов и их аномальности, особенно в сильных электрических и магнитных полях, что может полностью исказить результаты измерений. Это заставляет по-новому взглянуть на некоторые аномальные результаты по АФН-эффекту. К сожалению, влияние неоднородностей на свойства АФН-элементов мало изучено. Приходится констатировать, что проблема создания и управления неоднородностями на АФН-элементах в общем случае не решена. Технология получения АФН-элементов с двойным лучепреломлением рассматривается впервые. Для этого нами была разработана технологическая измерительная система, обеспечивающая неоднородность по структуре и по составу. Неоднородность по структуре и по составу достигается с легированием изовалентных примесей во время получения АФН-элементов. Весь технологический цикл испарения происходит при пере-

менных температуре и угле напыления. Увеличение температуры подложки и угла напыления образца в технологическом цикле испарения в вакууме производится непрерывно по линейному закону с помощью автоматического регулятора.

Специально разработанная схема задает образцу необходимую температуру и угол напыления, задает последовательность операций подачи изовалентных легирующих примесей. В результате в едином технологическом цикле достигается неоднородность по составу и по структуре на поверхности и в объеме АФН-элемента.

Знание степени неоднородности материалов весьма существенно не только при изготовлении полупроводниковых приборов, но и при исследовании самих материалов [7]. Ярким примером неоднородности материала является поликристаллическая структура. Естественно ожидать, что свойства самих кристаллов могут значительно отличаться от свойств межкристаллитной прослойки. Поликристаллическая структура наиболее характерна для тонких пленок любого типа, даже монокристаллических, но с когерентной ориентацией микроблоков. Если кристаллитам микроблоков можно приписать свойства, присущие объемным свойствам данного полупроводника, то в отношении межкристаллитных прослоек они могут быть самыми различными. Образование межкристаллитных прослоек может быть обусловлено следующим:

- а) «шлагом», вынесенным кристаллитам при их рекристаллизации и представляющим собой различные примеси и включения;
- б) посторонними соединениями, образованными из компонентов основного материала и отдельных примесей;
- в) полифазностью состава пленок, свойственной сложным полупроводниковым соединениям, при этом на границе раздела фаз могут возникать р-п-переходы;
- г) выпадением одного из компонентов состава, например, металлического в соединении  $A^{III}B^V$ ;
- д) различием структуры фаз, например, аморфной и кристаллической;
- е) окислением поверхностного слоя кристаллита;
- ж) обедненным слоем, вызванным захватом носителей поверхностными уровнями кристаллитов;
- з) неполным соприкосновением кристаллитов по всей их толщине.

Очевидно, прослойки могут быть образованы совокупностью перечисленных факторов. Нередко прослойки могут полностью определять полупроводниковые свойства поликристаллического материала. Сложность интерпретации результатов измерений на поликристаллических материалах усугубляется тем, что часто нет полной ясности относительно природы межкристаллитных прослоек и их параметров в конкретном материале.

Известно, что АФН-эффект основном наблюдается в поликристаллических пленках. Наблюдаемые аномалии в здесь относят, главным образом, к влиянию межкристаллитных прослоек. В настоящее время преобладают две тенденции в объяснении природы действия прослоек: одна основывается на теории сложных электроцепей, другая – на барьерной теории [1; 2]. В упрощенной модели кристаллиты разделены высокоомными прослойками [3]. В свою очередь высокоомные области могут быть заполнены не только межкристаллитными прослойками, но и, скорее всего, микрокристалликами [4].

Поскольку прослойки имеют некоторый наклон по отношению к плоскости подложки, то протекающий через пленку ток вынужден пересекать границу прослоек. В результате носители заряда испытывают рассеяние не только на межкристаллитных барьерах, но и на барьерах прослоек модификаций. Таким образом, не только поликристаллическая неоднородная структура, но и дефектность самих кристаллитов являются факторами аномальности в АФН-элементах. Как упоминалось выше, очень чувствительным к неоднородностям в АФН-элементах являются АФН, АФМН и другие магнитооптические, электрооптические эффекты. Поэтому возникают сомнения в корректности результатов работы [5], в которой авторы исходя из данных по величине АФН-эффекта в пленках CdTe говорили об однородной микрокристаллической пленке.

Во многих теориях по физике полупроводников толщина слоя является важным параметром, и по этой причине пленка часто является хорошим средством экспериментальной проверки таких теорий. Однако, чтобы получить однозначные результаты, нужно сохранить неизменными различные структурные свойства пленок, и часто это является очень трудной задачей. В этом отношении рассмотренный метод удобен тем, что он дает возможность изучать несколько эффектов одновременно.

Экспериментальная проверка согласно вариационному методу, проведенная в связи появлением теоретических работ [5; 6], показала, что если толщина слоя по сравнению с длиной свободного пробега велика, то поверхностная рекомбинация оказывает небольшое влияние на параметры АФН-пленок. В таком случае для АФН можно использовать для анализа формулу:

$$V = \frac{(b-1)BL}{\mu_n(n_0 + p_0)(1 + \alpha_i)},$$

где  $V$  – интенсивность света;

$L$  – длина диффузии;

$\alpha_i$  – скорость поверхностной рекомбинации на освещенной поверхности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квантовая электроника / под. ред. С.А. Ахманова [и др.]. – М.: Советская энциклопедия, 1969. – С. 35.
2. Адирович Э.И. [и др.] ФТТ. – 1965. – Т. 7. № 12. – С. 3652.
3. Cravder I.P., Smith C.D., Ashley. Abstract of Intern // Conf. Mid-infrared optoelectronics materials and devisers. – Lancaster: UK, 1996. – P. 17–19.
4. Ирматов С., Найманбаев Р. Ярим ўтказгичли фотопремниклар: моногр. – Фергана: Фарғона нашриёти, 2011. – 89 бет.
5. Найманбаев Р., Хатамов С.О. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. – Ташкент, 2004. – С. 165.
6. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и оптоэлектроника / под. ред. Э. И. Адировича. – Ташкент: ФАН, 1972. – С. 344.
7. Аронов Д.А., Зайтова В. Фотомагнитный эффект и фотопроводимость в полупроводниках при высоких уровнях возбуждения. – Ташкент: Фан. – С. 190.

**Najmanboev R.**

Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor

**Akhunov K.Kh.**

Candidate of Engineering Sciences

Ferghana State Pedagogical Institute  
Uzbekistan, Ferghana

## OPTOELECTRONIC METHOD FOR DETERMINING THE MICROPARAMETERS OF GENERATOR-TYPE PHOTODETECTORS

In this work AFN-effects in polycrystal thin films of celenide copper and indium which came out by discrete evaporation in vacuum are discussed. It is shown that redundant evaporation of the content of atoms in the same film. The mechanism of formation of AFN is identified on the basis of angular and spectral dependences.

**Key words:** AFN-effects, experimental setup, electric energy, sun rays, plates, materialal, economic efficiency, experiments.