

СТИМУЛИРОВАНИЕ АНОМАЛЬНОГО ФОТОНАПРЯЖЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ CdTe-ZnSe С ГЛУБОКИМИ ПРИМЕСНЫМИ УРОВНЯМИ

К. Акбаров, А. Абдулхамидов, Н. Алимов, С.М. Отажонов, М. Умарова

Ферганский государственный университет

Узбекистан

Поступила в редакцию 06.03.2008

Создана перспективная пара полупроводников CdTe-ZnSe, в которой, кроме прямой передачи световых сигналов, будет обеспечено накопление зарядов. Фотодетектор данного типа будет работать без внешнего источника, если поликристаллический слой CdTe будет обладать аномально большим фотонапряжением (АФН). При этом повышено эффективность собирания излучения люминофора на 80%.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из недостатков известных фотодетекторов является то, что он характеризуется пониженной фоточувствительностью из-за потерь, образующихся при передаче сигнала от сцинтиллятора к фотоприемнику, а также уменьшенной фоточувствительностью к излучению, вызывающему люминесценцию селенида цинка к ультрафиолетовым и рентгеновским лучам, и необходимость подключения внешнего источника напряжения [1].

Целью работы является повышение фоточувствительности к излучению, вызывающему люминесценцию селенида цинка (ZnSe) к ультрафиолетовым и рентгеновским лучам, путем прямой передачи фотосигнала от сцинтиллятора к фотоприемнику за счет накопления зарядов на поверхности фотоприемника и исключение источника внешнего напряжения.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Расширение функциональных возможностей фотодетектора, по сравнению с известными, [1], решается тем, что фотодетектор излучения, содержащий сцинтиллятор, снабжен фотоприемником и, они оптически связаны между собой, причем фотоприемник выполнен в виде АФН-пленки на основе поликристалла теллурида кадмия, легированного серебром, а сцинтиллятор выполнен в виде пластины из монокристалла селенида цинка.

Способ изготовления сцинтилляционного фотодетектора излучения заключается в следующем: пластину из селенида цинка поме-

щают в камеру при вакууме $133,32 \cdot (10^{-4} - 10^{-5})$ под углом $40 - 45^\circ$ к направлению молекулярного пучка и нормально к подложке, нагревают ее до температуры 260°C , затем термическим напылением наносят слой теллурида кадмия со скоростью конденсации $0,35\text{нм/с}$ толщиной $1,2\text{мкм}$, проводят легирование серебром из отдельного тигля (для компенсации электропроводности теллурида кадмия и создания глубоких уровней в запрещенной зоне, участвующих в возникновении фото-ЭДС). Масса легирующей примеси при этом составляет $0,3 \pm 0,1$ ат.% Ag от массы полупроводникового материала.

Размеры кристаллических зерен поликристаллических пленок CdTe составляют $0,05 - 0,1\text{мкм}$.

На рис. 1 приведена схема сцинтилляционного фотодетектора излучения. Принцип действия сцинтилляционного фотодетектора излучения заключается в следующем: заряженная частица проходит через сцинтиллятор, ионизирует атомы и молекулы и возбуждает их. Возвращаясь в исходное состояние, ионизированные атомы и молекулы испускают фотоны в виде квантов света и попадают на поверхность фотоприемника 2 – АФН-пленку теллурида кадмия за счет накопления зарядов и возникновения на ней напряжения без приложения внешнего поля. Этот фотосигнал напрямую передается от сцинтиллятора 1 к фотоприемнику 2, так как они оптически связаны между собой. Для определения фотосигнала сцинтилляционный фотодетектор излучения освещают ультрафиолетовыми



Рис. 1. Схема сцинтилляционного фотодетектора излучения на основе CdTe-ZnSe: 1 – ZnSe, 2 – CdTe:Ag, 3 – контакты.

или рентгеновскими лучами, вызывающими люминесценцию ZnSe. Ультрафиолетовый свет или рентгеновский луч, проходя через сцинтиллятор 1, переводит электроны из валентной зоны в зону проводимости или с глубоких уровней в зону проводимости.

Возвращаясь в исходное состояние (происходит излучительная рекомбинация), они испускают фотоны в виде квантов света и прямо попадают на АФН-пленку CdTe, при этом возникает фотосигнал, который снимают с контактов и регистрируют электрометром.

АФН-пленка CdTe детектирует люминесценцию селенида цинка с малыми потерями на отражение от границы ZnSe – CdTe.

Коэффициент отражения рассчитывают по формуле

$$R = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} = \frac{3,4 - 2,6}{7} = \frac{0,8}{7} \approx 0,1,$$

где R – коэффициент отражения от границы раздела между ZnSe и CdTe; n_1 – показатель преломления ZnSe; n_2 – показатель преломления CdTe.

Коэффициент отражения известных сцинтилляционных фотодетекторов учитывает отражение на границе ZnSe и воздуха ($n_0 = 1$), тогда $R = 0,5$. В нашем случае потеря фотосигналов на отражение незначительна по сравнению с известными фотодетекторами. Оценим изменение эффективности фотодетектора с АФН-пленкой:

$$L_R = R \cdot L_0,$$

$$L'_R = (R - \Delta R)L_0,$$

где R – коэффициент отражения, L_0 – интенсивность падающего света,

$$T = \frac{L_0 - L_R}{L_0} = 1 - R,$$

где T – коэффициент пропускания. Тогда

$$T' = \frac{L_0 - (R - \Delta R)L_0}{L_0} = 1 - (R - \Delta R),$$

$$x = \frac{T'}{T} \cdot 100 = \frac{1 - (R - \Delta R)}{1 - R} \cdot 100\% = \left(1 + \frac{\Delta R}{1 - R}\right) \cdot 100\%.$$

Отсюда $\Delta x = \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta R}{1 - R}$, т.е.

эффективность на 80% увеличивается.

Для определения значения фотосигнала фотодетектор на основе АФН-пленки теллурида кадмия освещают ультрафиолетовым светом со стороны сцинтиллятора ZnSe и спектрометром СФ-26 измеряют фото-ЭДС, она была равна 200 мВ (без АФН-слоя – 120 мВ). Затем сцинтиллятор возбуждают мягким рентгеновскими лучами (УРС-60 с трубкой 0,4 ВСВ-4С, напряжение на трубке равно 20 кВ), при этом оказалась, что амплитуда сигнала равна 500 мВ (без АФН-слоя – 280 мВ). Фотосигнал между контактами измеряют электрометром.

Для определения фоточувствительности структуры CdTe-ZnSe рассчитывают оптическую энергию ионизации глубоких уровней, измеряют спектральную характеристику тока короткого замыкания слоя теллурида кадмия, легированного серебром, которая в интервале энергии квантов света $h\nu = 0,45 - 2,7$ эВ обусловлена АФН-пленкой теллурида кадмия (рис. 2). В слое теллурида кадмия фото-ЭДС возникает как при возбуждении зона-зона, так и из глубоких уровней с энергией оптической ионизации, равной 1,04; 1,15; 1,32 эВ, чем охватываются практически все полосы люминесценции селенида цинка (рис. 2, кривая 2).

Для определения фоточувствительности АФН-пленки теллурида кадмия, легированного серебром (CdTe:Ag), измеряют спектры в режимах фотопроводимости при фронтальном освещении. Кривая 3 на рис. 3. характеризует полярность приложенного поля, которая совпадает с полярностью АФН-пленки теллурида кадмия; кривая – 2, когда полярность приложенного поля противоположна. Аномальное фотонапряжение пленки теллурида кадмия определяют путем измерения фотопроводимости в зависимости от направления приложенного извне электрического

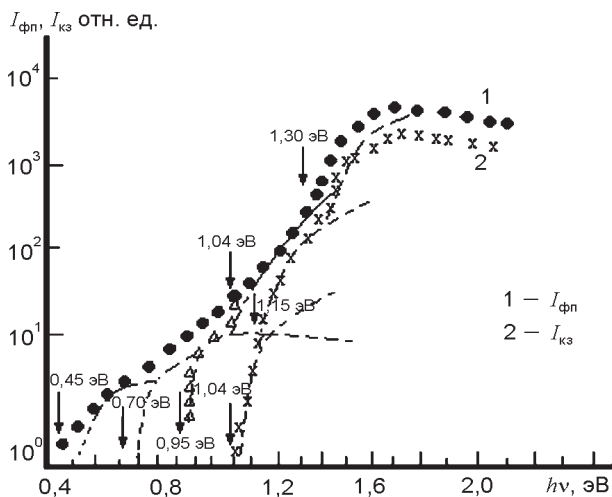


Рис. 2. Спектры $I_{\text{фп}}$, $I_{\text{кз}}$ АФН-пленок CdTe:Ag на гетероструктуре CdTe-ZnSe при фронтальном освещении.

поля. Приложенное электрическое поле стимулирует возникновение АФН-эффекта. В области края поглощения теллурида кадмия возникает большой АФН, приводящий к изменению знака фотопроводимости. Выделенный фотосигнал АФН совпадает со знаком фото-ЭДС (кривая 1). Это обусловлено тем, что приложенное электрическое поле втягивает носители в область асимметричных барьеров, из-за чего возрастает фото-ЭДС (кривая 1).

Управляя влиянием барьеров на поверхности CdTe и у поверхности ZnSe, можно получать как одинаковые, так и разные знаки фото-ЭДС в двух областях энергии квантов света, равных $1,4 \div 1,7$ эВ и $1,9 \div 2,3$ эВ (рис. 3).

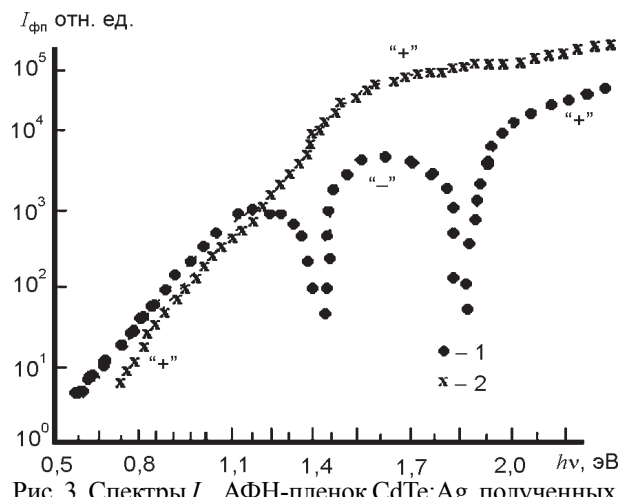


Рис. 3. Спектры $I_{\text{фп}}$ АФН-пленок CdTe:Ag, полученных на ZnSe, при фронтальном освещении: 1 – когда полярность приложенного поля совпадает с полярностью АФН и противоположно – 2. $U_{\text{вн}} = 14$ В.

Важной особенностью АФН-пленки на основе теллурида кадмия является ее автономный характер, что представляет особый интерес в пленочной оптоэлектронике, в качестве преобразователя излучения при ультрафиолетовых и рентгеновских излучениях, в широком диапазоне принимаемого электромагнитного излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент Японии № 59-21185кл. NO2L 31/00,05. – 1984.
2. Рыжиков В.Д., Гальчинецкий Л.П., Старжинский Н.Г.//Поверхность Рентгеновские, синхронотронные и нейтронные исследования. – 2002.

СТИМУЛЮВАННЯ АНОМАЛЬНОЇ ФОТОНАПРУГИ ПІД ДІЄЮ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ В НАНОКРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВІ CdTe-ZnSe ІЗ ГЛИБОКИМИ ПРИМІСНИМИ РІВНЯМИ

К. Акбаров, А. Абдулхамідов, Н. Алімов, С.М. Отажонов, М. Умарова

Створено перспективну пару напівпровідників CdTe-ZnSe, у якій, крім прямої передачі світлових сигналів, буде забезпечене нагромадження зарядів. Фотодетектор даного типу буде працювати без зовнішнього джерела, якщо полікристалічний шар CdTe буде володіти аномально великою фотонапругою (АФН). При цьому підвищено ефективність збирання випромінювання люмінофора на 80%.

STIMULATION ANOMALOUS PHOTORESISTANCE UNDER ACTION EXTERNAL ELECTRIC FIELD IN NANOCRYSTALLINE STRUCTURE CdTe-ZnSe WITH DEEP IMPURITY LEVELS

A. Abdulhamidov, K. Akbarov, N. Alimov, M. Umarova, S. Otajonov

It is created perspective couple of CdTe-ZnSe semiconductors, in which charge accumulation will be provided, expert light signals direct transimition. This photodetector will work with out an external source, if polycrystall CdTe film has anomal large photoresistance (APV), besides the effectivity of luminophor irradiation gathering up to 80 % is increased.