

ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ В ПЛЕНОЧНОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ p-CdTe-SiO₂-Si

Н. Алимов, К. Акбаров, К. Абдуллаев, Х. Дадаждонова,
С.М. Отажонов, Д. Отажонова, М. Рахмонкулов
Ферганский Государственный Университет

Узбекистан

Поступила в редакцию 16.04.2009

В гетероструктуре p-CdTe-SiO₂-Si легко реализуются необходимые условия для существования оптической спектральной памяти – наличие ассиметричных микропотенциальных барьеров и глубоких ловушек. Время релаксации около 25 суток. Гетероструктуру можно использовать как оптоэлектронную спектральную ячейку памяти, способную не только запоминать сигналы, но и суммировать их.

ВВЕДЕНИЕ

Явление остаточной спектральной оптической памяти в полупроводниках в большинстве случаев вызвано наличием неоднородностей, приводящих к образованию коллективных микропотенциальных барьеров [1]. Электрическое поле на барьере вызывает пространственное разделение неравновесных носителей: электронам для попадания в области пространства, содержащие дырки, (и наоборот) необходимо преодолеть потенциальный барьер, называемый рекомбинационным.

Кроме рекомбинационных барьеров для существования долговременных релаксаций и остаточной проводимости необходимо, чтобы генерируемые светом неравновесные носители могли участвовать в переносе заряда в полупроводнике, т.е. наряду с барьерами должны существовать низкоомные проводящие области.

Особенно интересны гетероструктуры, когда они образованы материалами с большим несоответствием кристаллических решеток. К таким гетероструктурам как раз относится структура полупроводник-диэлектрик-полупроводник p-CdTe-SiO₂-Si. Полупроводник p-CdTe обладает аномальным фотонапряжением (АФН). Цель настоящей работы заключается в изучении гетероструктуры p-CdTe-SiO₂-Si с точки зрения спектральной памяти, релаксации поверхностного потенциала в p-CdTe: Ag.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Гетероструктура p-CdTe-SiO₂-Si формировалась путем напыления дискретным испарением с помощью метода вакуумной технологии [2] при остаточном давлении 10⁻⁵ мм рт.ст. в виде поликристаллической пленки из тел-

лурида кадмия p-типа проводимости толщиной 0,8 – 1,2 мкм на подложку из окисленного кремния. Температура подложки и скорость конденсации слоя составляли 250 °С и (1,5 – 1,7) нм/с соответственно, а угол напыления – 45°. Пленки p-CdTe имели поликристаллическую структуру с размером кристаллических зерен ~0,1 нм [3]. Освещение поверхности пленки p-CdTe осуществлялось нормально падающим светом из монохроматора ИКМ-1. Генерируемое АФН измерялось электрометром ЭД-0,5М.

Проведенные исследования спектральных зависимостей тока короткого замыкания $I_{кз}$ ($h\nu$), гетероструктуры p-CdTe: Ag, выращенной на подложке из окисленного кремния, показали, что эффект остаточной спектральной чувствительности достигает 25 суток, что позволяет связать его с наличием ассиметричных микропотенциальных барьеров и глубоких центров в CdTe, когда у поверхности раздела в области объемного заряда образуется большое количество собственных дефектов, которые дают глубокие уровни.

Рассмотрим спектральную фоточувствительность $I_{кз}$ АФН-пленки в структуре p-CdTe-SiO₂-Si, подвергнутой действию внешнего электрического поля и после его выключения (рис. 1).

При этом обнаруживается остаточной характер спектральной фоточувствительности. При стационарном $U_{вн} = 300$ В фоточувствительность возрастает от 100 В (кривая 1) до 1000 В (кривая 2). После снятия воздействия внешнего поля фоточувствительность не возвращается к своему первоначальному значению (кривые 3, 4) в течение 25 суток. Возвращение фоточувствительности гетероструктуры, находящейся в состоянии остаточной проводимости к исходному сос-

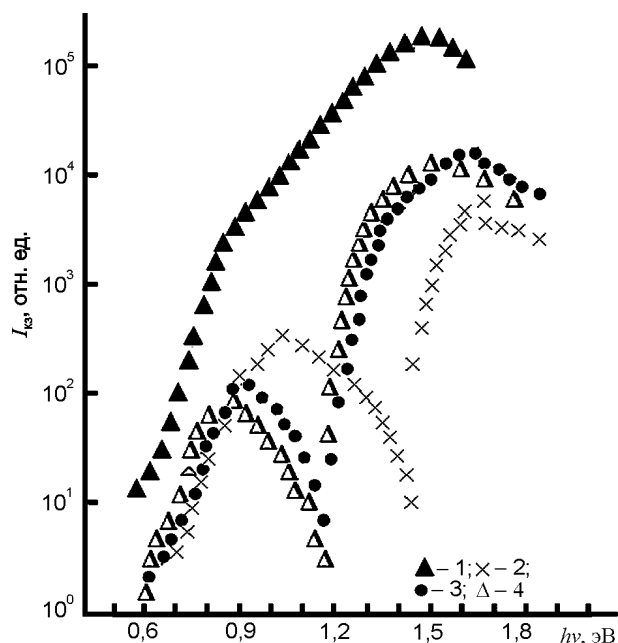


Рис. 1. Спектры $I_{\text{фк}}$ в зависимости от времени выдержки в темноте после зарядки структуры CdTe-SiO₂-Si под напряжением 300 В. Кривая 1 – сразу после зарядки, 2 – через 6 суток, 3 – через 19 суток, 4 – до зарядки.

тоянию, осуществляется подачей импульса обратного напряжения длительностью в несколько миллисекунд. Такое “стирание” памяти объясняется полевым гашением остаточной проводимости. Максимум фоточувствительности зависит от величины, напряженности электрического поля.

На рис. 1 представлены зависимости спектральной фоточувствительности $I_{\text{фк}}$ АФН-пленки при комнатной температуре от энергии кванта света без внешнего поля (кривая 1). Образец в течении 5 с подвергался воздействию внешнего электрического поля напряжением 300 В. Затем электрическое напряжение выключалось и снималась зависимость спектральной фоточувствительности от освещенности монохроматического света (кривая 2). Подачей импульса напряжение спектральной фоточувствительности CdTe возвращалось в исходное состояние. Измерения вновь повторялись при различных напряженностях электрического поля. После снятия спектральной зависимости образец находился в темноте. Через 10 суток и 25 суток опять снималась спектральная зависимость $I_{\text{фк}}$ от освещенности монохроматического света (кривые 3 и 4) соответственно.

Необходимо отметить, что любое промежуточное значение спектральной памяти получается и при неизменной интенсивности освещения образца, но при изменении подачи

электрического напряжения между электродами. Оптическая спектральная память от своего первоначального значения (кривая 4) возрастает до нового значения (кривая 2), и это продолжается до тех пор, пока ток фоточувствительности не достигнет некоторой максимальной величины. Таким образом, исследуемая гетероструктура p-CdTe-SiO₂-Si обладает свойством интегрирования эффекта от внешнего электрического напряжения, падающего на образец между электродами.

Для качественного описания физической природы обнаруженной остаточной фоточувствительности и механизма явления электронного переноса, протекающего в гетероструктуре p-CdTe-SiO₂-Si в условиях приложенного внешнего постоянного электрического напряжения, рассмотрена модель, в которой стационарный ток представляет собой поток туннелирующих электронов из зоны проводимости полупроводника CdTe в зону проводимости полупроводника Si через слой окисла SiO₂ и из зоны проводимости полупроводника в глубокий уровень, находящейся в диэлектрике, и в том числе в ловушку на границе их раздела. Согласно [1], носители тока, освобожденные под действием света с этих уровней, дают вклад в проводимость, сохраняющуюся достаточно долго. Это происходит вследствие того, что рекомбинации носителей препятствует асимметричный потенциальный барьер, увеличивающийся по мере захвата электронов на поверхностные состояния. При этом, в отличие от однородного полупроводника, у которого потенциальный барьер вызван только зарядом на поверхностных состояниях, в случае гетероструктуры p-CdTe-SiO₂-Si он увеличивается дополнительно за счет разности работ выхода контактирующих материалов. В силу этой причины явление оптической спектральной памяти в гетероструктуре выражено более ярко. Действительно, если считать, что знаки асимметрии потенциальных барьеров у фронтальной и тыловой приповерхностных областях разные, то вполне естественным является наблюдение инверсии знака $I_{\text{фк}}$ в зависимости от эффективной глубины поглощения возбуждающего света. Включение внешнего электрического поля в гетероструктуре p-CdTe-SiO₂-Si подавляет генерации фото ЭДС в одной из двух противоборствующих систем потенциальных барьеров.

Рассмотрим использование кривого затухания фотосигнала, определяемого обычными процессами и получим зависимость значения $I_{\text{кз}}$ от времени (рис. 2).

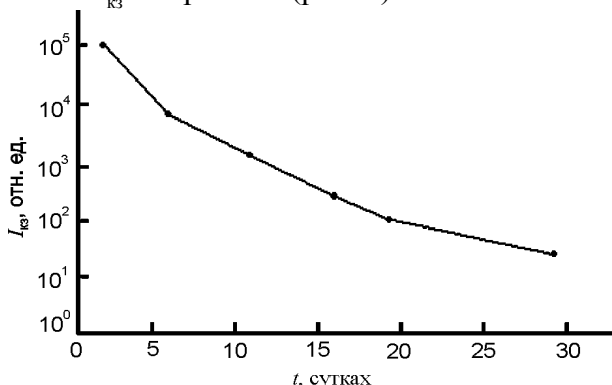


Рис. 2. Кривая затухания фотосигнала по времени: $\lambda = 0,85$ мкм; $h\nu = 1,5$ эВ.

Величина $I_{\text{кз}}$ зависит от величины внешнего электрического напряжения, поданного на электроды, и освещенности светом.

Каждые последующие значения электрического напряжения увеличивают концентрацию неравновесных носителей и, следовательно, значения фоточувствительности и тока.

Таким образом, меняя величины электрического напряжения, можно переводить образец в любое состояние, находящееся между темновым током и максимальным током остаточной проводимости. Гетероструктуру p-CdTe-SiO₂-Si можно использовать как оптоэлектронную спектральную память, способную не только запоминать сигналы [4], но и суммировать их. Кроме того, особенностью данной спектральной памяти является возможность регистрировать сигналы без приложения внешнего напряжения, так как p-CdTe обладает аномальным фотонапряжением и может регистрировать информацию, лежа-

щую в широких пределах длинноволнового светового излучения (0,5 – 2,7 мкм).

ВЫВОДЫ

Подводя итоги анализа результатов настоящей работы можно сделать следующие выводы.

- 1 Наблюдается ярко выраженный эффект спектральной памяти в пленочной гетероструктуре p-CdTe-SiO₂-Si, связанный с наличием асимметричных потенциальных барьеров и глубоких примесных центров, играющих роль одновременно как в фотопроводимости, так и в генерации фото-ЭДС.
- 2 Элемент спектральной памяти на основе пленочных гетероструктур имеет высокую спектральную фоточувствительность вблизи инфракрасной области спектра.
- 3 Эти результаты показывают, что гетероструктура p-CdTe-SiO₂-Si может быть использована в качестве элемента оптической спектральной памяти. Наличие согласованных спектральных характеристик при изготовлении источника света и фотоприемника из одного и того же материала открывает хорошие перспективы их применения в оптоэлектронике, а в дальнейшем, и в интегральной нанооптике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шейнкман М.К., Шик А.Я.//ФТП. – 1976. – № 10. – С. 209.
2. Отажонов С.М.//Физическая инженерия поверхности. – 2004. – Т. 2, № 1-2. – С. 28-31.
3. Вайткус Ю.Ю., Отажонов С.М.//Поверхность. АН России. – 1999. – № 3. – С. -44-49.
4. Абдуллаев Э., Вайткус Ю., Отажонов С. Запоминающее устройство//Патент. I НДР Р.Уз. № 9700869.1. от 15.03.99. – 168 с

ОПТИЧНА СПЕКТРАЛЬНА ПАМ'ЯТЬ У ПЛІВКОВІЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРІ p-CdTe-SiO₂-Si

Н. Алимов, К. Акбаров, К. Абдуллаев,
Х. Дадажонова, С.М. Отажонов,
Д. Отажоннова, М. Рахмонкулов

У гетероструктурі p-CdTe-SiO₂-Si легко реалізуються необхідні умови для існування оптичної спектральної пам'яті – наявність асиметричних мікропотенційних бар'єрів і глибоких уловлювачів. Час релаксації близько 25 діб. Гетероструктуру можна використовувати як оптоелектронну спектральну комірку пам'яті, здатну не тільки запам'ятовувати сигнали, але й підсумувати їх.

THE OPTICAL SPECTRUM MEMORY IN A p-CdTe-SiO₂-Si FILM HETEROSTRUCTURE

N. Alimov, K. Akbarov, K. Abdullaev,
N. Dadajonova, S. Otajonov,
D. Otajonova, M. Rahmonqulov

In heterorestructure p-CdTe-SiO₂-Si it is easily realized necessary conduction for existence of optical spectral memory presence asymmetric micro potential barriers and deep equations. Time of a relaxation which happens about 25 days. Heterorestructure it is possible to use as opto – electronic memory capable not only to remember signals, but also to summarize them.