

СЕНСОР НОВОГО ТИПА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В. А. Борщак, Н. П. Затовская, М. И. Куталова

Одесский государственный университет им. И. И. Мечникова

Наличие ряда особенностей, характерных для гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$ позволило создать сенсор нового типа для регистрации оптического изображения. Сенсор может быть использован для регистрации слабых оптических изображений с последующей записью их элементов в память ЭВМ. Считывание изображения производится ИК-светом. Сенсор обладает эффектом накопления и памяти.

Гетеропереход $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$ долгое время привлекал внимание исследователей благодаря возможности его применения в качестве фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии [1]. В то же время в этой структуре наблюдается ряд эффектов и явлений, которые характерны для неидеальных гетеропереходов [2]. Это связано с несовпадением постоянных кристаллических решеток материалов, составляющих этот гетеропереход, причем такое несовпадение обуславливает появление на границе раздела большой концентрации центров рекомбинации. Для этой структуры характерно также наличие в ОПЗ глубоких ловушечных уровней, что приводит к зависимости напряженности электрического поля в области пространственного заряда ОПЗ от освещенности. Все это снижает эффективность работы гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$ в качестве фотоэлемента, но, в то же время, дает возможность для его нетрадиционного использования.

Для получения базового слоя сульфида кадмия нами применялся метод электрогидродинамического распыления водного раствора хлорида кадмия и тиомочевины с последующим пиролизом. Получаемые таким способом полупроводниковые материалы имеют большое количество дефектов. Полупроводниковые слои оказываются в значительной степени компенсированными, что сильно отличает их свойства от совершенных слоев, полученных методами газовой или молекулярно-лучевой эпитаксии. Компенсирующие центры, локализованные в переходных областях гетероперехода, способны удерживать на себе большой электрический заряд и часто определяют ход потенциала в области пространственного заряда (ОПЗ).

Указанные особенности, характерные для гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$, могут быть использованы для создания новых приборов, таких, например, как безвакуумные преобразователи оптического изображения в электрический сигнал. Такое ис-

пользование гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$ связано с эффектом влияния коротковолновой подсветки на ток короткого замыкания, генерированный ИК-светом, генерирующем носителем в более узкозонном сульфиде меди. Эти носители могут быть разделены полем барьера и создать ток короткого замыкания или рекомбинировать на центрах рекомбинации, большая концентрация которых имеется на металлургической границе из-за несовпадения постоянных кристаллических решеток материалов, составляющих гетеропереход. При освещении гетероперехода светом из области собственного или примесного поглощения широкозонного сульфида кадмия, в котором сосредоточена вся ОПЗ, фотогенерированные дырки захватываются на присутствующие в ОПЗ ловушки. В результате этого уменьшается ширина этой области, изменяется форма потенциального барьера, а напряженность поля на границе раздела сильно возрастает. Это приводит к резкому уменьшению на гетерогранице рекомбинационных потерь носителей, генерированных в сульфиде меди. Таким образом, с помощью коротковолновой подсветки малой интенсивности, можно управлять большим потоком носителей, генерированных более длинноволновым светом в сульфиде меди. Высокая чувствительность такой системы в области очень низких уровней освещения позволяет использовать ее для регистрации слабых световых сигналов. Кроме того, такой прибор обладает свойством накопления и памяти, т. е. положительный заряд, захваченный в ОПЗ локализуется на глубоких ловушках, термическое опустошение которых при комнатных температурах происходит достаточно медленно.

Если со стороны сульфида кадмия на поверхности преобразователя создать оптическое изображение и сканировать эту поверхность длинноволновым световым зондом ($\lambda \sim 900 \text{ нм}$), то ток короткого замыкания будет пропорционален освещенности той точки, куда в данный момент по-

падает длинноволновой световой зонд. Таким образом, может быть сформирован видеосигнал. Используя эффект памяти, сканирование можно производить и спустя некоторое время после непосредственного воздействия на преобразователь света, создающего изображение.

Так как в данном устройстве считывание изображения производится не электронным лучом, а ИК-светом, то для него не требуется вакуум и высокое напряжение, применяемые для формирования электронного луча. Максимальная разрешающая способность устройства определяется дифракционным пределом фокусировки светового пятна, при помощи которого происходит считывание изображения, и составляет приблизительно 1 мкм.

Основной частью фотоприемника является гетеропереход $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$, сформированный на стеклянной подложке с прозрачными контактами из оксида олова. Контакт к слою Cu_2S служила термически осажденная в вакууме сплошная медная пленка.

Для записи оптического изображения на указанный выше фотоприемник использовался широкоформатный фотоаппарат. Кассета с фотоприемником помещалась в фотоаппарат и производилось экспонирование. После этого кассета устанавливалась на сканирующее устройство для считывания информации. Образец сканировался ИК-светом через оптическую систему, установленную на двухкоординатном потенциометре. Количество элементов разложения изображения в данном случае определялось по максимальной разрешающей способности устройства, и возможностью имеющейся вычислительной техники. В данном случае было задействовано в каждой из 256 строк 256 точек. Контроллер вырабатывает сигнал, который через формирователь тока включает ИК-светодиод. При этом происходит считывание заданной точки образца. Аналоговый сигнал от формирователя сигнала изображения (ФСИ) поступает на вход предварительного усилителя. Затем видеосигнал преобразуется в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) в цифровой код и записывается в контролер. Контролер осуществляет перемещение оптической системы в следующую точку образца. При этом используются два цифроаналоговых преобразователя преобразующие коды, выработанные контролером в управляющее напряжение для перемещения по оси X и Y считывающей оптиче-

ской системы, установленной вместо пера двухкоординатного потенциометра. Таким образом происходит построчное сканирование образца. По окончании считывания, накопленная в контролере информация поступает в вычислительную машину. После обработки можно наблюдать сфотографированную картинку на экране монитора.

Характерной особенностью исследуемого фотоприемника является отсутствие расплывания изображения. Эта особенность объясняется тем, что изображение формируется зарядом, связанным на ловушках. При термическом выбросе носителя с центра он удаляется из ОПЗ полем и повторного захвата не происходит, что и обуславливает отсутствие растекания заряда, формирующего изображение [2].

Полученное изображение может быть удалено путем подачи на фотоприемник положительного смещения порядка 1 В, (при этом происходит рекомбинация захваченного заряда). Стирание изображения можно осуществить также кратковременной засветкой гетероперехода мощным импульсом ИК-света, который выбрасывает дырки, запасенные на ловушках в валентную зону (при этом они удаляются полем из ОПЗ и потенциальный барьер приходит к темновой форме). С использованием эффекта накопления дырок на ловушечных центрах в ОПЗ прибор может регистрировать изображение при очень слабой интегральной освещенности (10^5 люкс).

Устройство может быть использовано для регистрации слабых оптических изображений с последующей записью их элементов в память ЭВМ с возможной коррекцией неоднородности по фоточувствительности преобразователя. Благодаря возможности изготовления преобразователя большой площади и его высокой чувствительности, вероятной областью применения такого устройства может быть регистрация изображений, создаваемых крупными телескопами при астрономических наблюдениях.

Литература

1. **Василевский Д. Л.** Перспективность $\text{Cu}_2\text{S-CdS}$ фотопреобразователей при больших уровнях возбуждения // Фотоэлектроника. — 1990. — № 3. — С. 3.
2. **Василевский Д. Л.** Фотоэлектрические свойства неидеальных гетеропереходов // Фотоэлектроника. — 1996. — № 6. — С. 22.