

## КОМПЕНСАЦИЯ ФОТОПЛЕОХРОИЗМА ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ CdGeP<sub>2</sub>

Рудь В. Ю., Рудь Ю. В., Таиров М. А.

1. Если на структуры с потенциальным барьером в анизотропном полупроводнике падает линейно поляризованное излучение, вызывающее внутренний фотоэффект, то при выраженном дихроизме оптического поглощения должен возникнуть естественный фотоплеохроизм [1]. Это было продемонстрировано на примере гомо- и гетероструктур в одноосных полупроводниках A<sup>II</sup>B<sup>IV</sup>C<sup>V</sup> с решеткой халькопирита, в которых фотоплеохроизм оказался пропорциональным дихроизму оптического поглощения. Такие условия предусматривают регистрацию фотоплеохроизма по фототоку или фотонапряжению в области слабого сигнала, когда фотоответ пропорционален плотности потока падающего излучения  $L$ . В то же время в известной нам литературе не имеется данных по исследованиям зависимости фотоплеохроизма от  $L$ . Этот вопрос представляет интерес в связи с тем, что полупроводниковые поляриметрические структуры могут использоваться в технике высокоэффективных фотоанализаторов [1, 2].

В настоящей работе изучается естественный фотоплеохроизм гетероструктур на монокристаллах CdGeP<sub>2</sub> в широком интервале плотностей потока падающего излучения с целью определения условий обеспечения максимального динамического диапазона фоторегистрации линейно поляризованного излучения.

2. Исследуемые гетероструктуры создавались нанесением слоем широкозонных окислов на ориентированные в плоскости (100) пластины тройного соединения CdGeP<sub>2</sub>  $n$ - и  $p$ -типа проводимости известным методом реактивного катодного распыления соответствующей мишени в атмосфере смеси кислорода и аргона [3]. Все полученные структуры обнаружили четкое выпрямление и фоточувствительность к интенсивности падающего излучения в диапазоне 1—4 эВ, причем максимальная фоточувствительность  $10^2$ — $10^5$  В/Вт всегда наблюдается при освещении со стороны широкозонного окисла. Естественный фотоплеохроизм таких структур, определенный из поляризационных измерений фототока короткого замыкания, достигает своего максимального значения  $\mathcal{S}_i = 70$ —85 % в разных структурах вблизи энергии межзонного  $A$ -перехода, а в случае легирования CdGeP<sub>2</sub> индием происходит некоторое смещение максимума  $\mathcal{S}_i$  в длинноволновую спектральную область. Последнее связано с проявлением анизотропии фотоактивного поглощения в области  $\hbar\omega < E_g$ .

При исследованиях зависимости фотоплеохроизма от плотности потока структуры освещались монохроматическим излучением с длиной волны  $\lambda = 0.7$  мкм вдоль нормали к плоскости (100) со стороны слоя широкозонного окисла. Измерения проводились при комнатной температуре. Естественный фотоплеохроизм определялся на основании поляризационных измерений фототока короткого замыкания  $i$  и фотонапряжения холостого хода  $U$  при изменении в широких пределах плотности потока падающего излучения.

3. Экспериментальные поляризационные зависимости  $i$  и  $U$ , а также коэффициентов плеохроизма фототока  $\mathcal{S}_i = \left( \frac{i^{\parallel} - i^{\perp}}{i^{\parallel} + i^{\perp}} \right) \cdot 100\%$  и фотонапряжения  $\mathcal{S}_U = \left( \frac{U^{\parallel} - U^{\perp}}{U^{\parallel} + U^{\perp}} \right) \cdot 100\%$  для гетероструктур  $n$ -SnO<sub>2</sub>- $n$ -CdGeP<sub>2</sub><In> показаны на рис. 1 и 2. Представленные зависимости фотоплеохроизма от  $L$  оказались типичными для всех изученных гетероструктур и, следовательно, не зависели от природы применяемого окисла, а также электрических свойств CdGeP<sub>2</sub>. Характерно, что при изменении величины  $L$  в пределах 6 порядков определяемый по фототоку коэффициент  $\mathcal{S}_i$  остается неизменным (рис. 1). В основе этой закономерности лежит то обстоятельство, что фототок во всем диапазоне  $L$  для обеих поляризаций растет пропорционально плотности потока излучения  $i^{\parallel} (i^{\perp}) \sim L$ .

В зависимости  $\mathcal{P}_V(L)$  можно выделить два участка. В области низких плотностей излучения, когда  $U^{\parallel} (U^{\perp}) \sim L$  (рис. 2), коэффициенты плеохроизма напряжения и тока равны между собой и не зависят от  $L$ . С ростом  $L$  выше некоторой величины во всех структурах обнаружено монотонное снижение  $\mathcal{P}_V < \mathcal{P}_i$ , вплоть до нуля, что обусловлено отклонением люкс-вольтовых характеристик  $U^{\parallel} (L)$  и  $U^{\perp} (L)$  от линейного закона (рис. 2). При этом во всем диапазоне плотностей потока излучения обеих поляризацій  $U^{\parallel} > U^{\perp}$ , причем поляризационная разница напряжений  $\Delta U = (U^{\parallel} - U^{\perp})$  плавно спадает и в конечном счете становится равной нулю. Физической причиной исчезновения фотоэлектрической анизотропии вследствие достижения  $\Delta U \approx 0$  является то, что фотонапря-

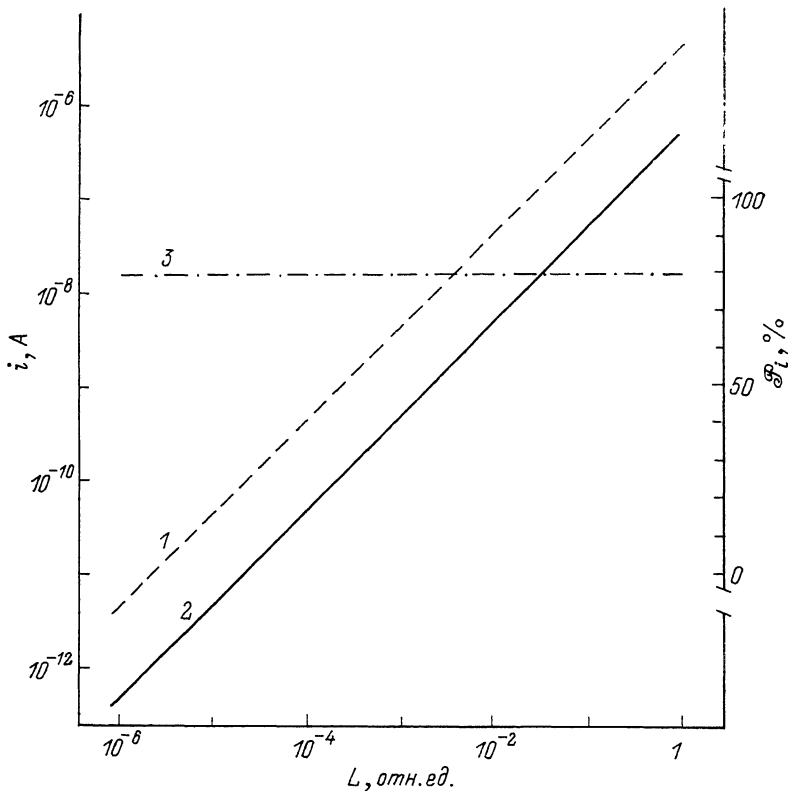


Рис. 1. Поляризационные зависимости фототока короткого замыкания (1 —  $E \parallel c$ , 2 —  $E \perp c$ ) и коэффициента плеохроизма фототока  $\mathcal{P}_i$ ; (3) для гетероструктуры  $n\text{-SnO}_2\text{-}n\text{-CdGeP}_2\langle\text{In}\rangle$  от плотности потока излучения ( $T=300\text{ K}$ ,  $\lambda=0.7\text{ мкм}$ ).

жения для обеих поляризацій растут лишь до тех пор, пока не исчезнет потенциальный барьер. Высота барьера зависит от природы, а также степени легирования контактирующих полупроводников и представляет собой поляризационно независимое максимально достижимое значение фотонапряжения насыщения ( $U_{\text{н}}^{\parallel} = U_{\text{н}}^{\perp}$ ). Увеличение  $L$  сопровождается ростом  $U^{\parallel}$  и  $U^{\perp}$  по логарифмическому закону. Поскольку  $U^{\parallel} > U^{\perp}$ , для сильно поглощаемого излучения  $E \parallel c$  насыщение фотонапряжения достигается раньше, чем для  $E \perp c$  (рис. 2). Поэтому дальнейший рост  $L$  приводит к сближению  $U^{\perp} \rightarrow U_{\text{н}}^{\parallel}$  и соответственно снижению поляризационной разности  $\Delta U \rightarrow 0$ . Отсюда следует, что полная компенсация фотоплеохроизма  $\mathcal{P}_V = 0$  отвечает ситуации, когда возникающее при превышении определенного для конкретной структуры значения  $L$  поляризационно независимое фотонапряжение достигает значения диффузионной разности потенциалов  $V_D$ . Последнее означает, что если при освещении поляриметрической структуры монохроматическим излучением с энергией фотонов из области поляризационной фоточувствительности ( $\mathcal{P}_V \neq 0$ ) и произвольной плотностью потока излучения оказывается  $\mathcal{P}_V = 0$ , то величина фотонапряжения

совпадает с диффузионной разностью потенциалов в полупроводниковой структуре. Так, например, для структур  $n\text{-SnO}_2\text{-}n\text{-CdGeP}_2\langle\text{In}\rangle$  в области  $\mathcal{P}_0=0$  наблюдается фотонапряжение 0.6–0.7 В, то отвечает величине  $V_D$ , определенной из зависимости емкости от напряжения.

4. Таким образом, при достижении или превышении определенного уровня плотности потока линейно поляризованного излучения регистрируемый по

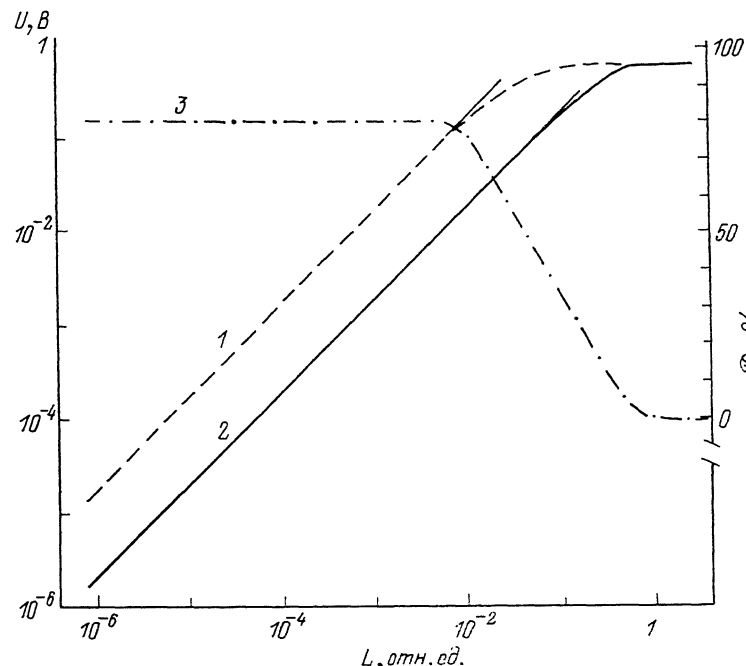


Рис. 2. Поляризационные зависимости фотонапряжения холостого хода (1 —  $E \parallel e$ , 2 —  $E \perp e$ ) и коэффициента плеохроизма фотонапряжения  $\beta_0$  (3) для гетероструктуры  $n\text{-SnO}_2\text{-}n\text{-CdGeP}_2\langle\text{In}\rangle$  от плотности потока излучения ( $T=300\text{ К}$ ,  $\lambda=0.7\text{ мкм}$ ).

напряжению холостого хода фотоплеохроизм в структурах с потенциальным барьером исчезает, а величина фотонапряжения при этом становится равной диффузионной разности потенциалов. Максимальный динамический диапазон в поляриметрических фотодетекторах с постоянным значением  $\beta_0$  реализуется при регистрации поляризационной зависимости фототока короткого замыкания.

В заключение авторы выражают благодарность Ю. К. Ундалову и А. В. Лунову за приготовление структур.

#### Список литературы

- [1] Рудь Ю. В. // Изв. вузов СССР. Физика. 1986. Т. 29. В. 8. С. 67–83.
- [2] Medvedkin G. A., Rud Yu. V., Tairov M. A. // Phys. St. Sol. (a). 1989. V. 115. N 1. P. 11–50.
- [3] Лунев А. В., Рудь Ю. В., Тайров М. А., Ундалов Ю. К. // Препринт ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР. 1987. № 1147.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Получено 25.07.1990  
Принято к печати 18.04.1991