

Академик АН МССР С. И. РАДАУЦАН, Н. Н. СЫРБУ

**ВЛИЯНИЕ ПОЛЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОДИОДА Ni — CdP<sub>2</sub>**

Поверхностно-барьерные диоды (диоды Шоттки) обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными диффузионными диодами: высокой fotocувствительностью, малой инерционностью, малым уровнем шумов и пороговых напряжений и др. (1). Нами были разработаны такие диодные структуры на основе дифосфида кадмия (2, 3).

Полупроводниковое соединение CdP<sub>2</sub> имеет ширину запрещенной зоны 1,78–1,80 эв, обладает сильно анизотропными свойствами и высокой fotocувствительностью; отношение теплового сопротивления к световому равно 10<sup>3</sup> (4–9). Монокристаллы CdP<sub>2</sub> выращиваются методом из газовой фазы в виде объемных слитков 1,5×1,5×2,0 см<sup>3</sup>, а легированием можно изменить их удельное сопротивление от 10<sup>2</sup> до 10<sup>9</sup> ом·см.

Диодные структуры получали нанесением полупрозрачного слоя никеля ( $d \sim 100-150 \text{ \AA}$ ) электрохимическим методом на полированную поверхность (или свол) CdP<sub>2</sub>, омические контакты получали, внаивая индий на чистую поверхность кристалла и на слой никеля.

В данной работе рассматриваются результаты исследования фотоэлектрических свойств диодов Шоттки Ni—CdP<sub>2</sub>. Показана возможность управления спектральной характеристикой фотодиода и оценена его чувствительность.

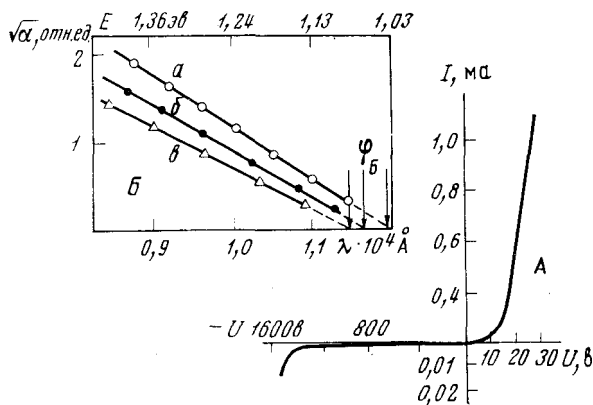


Рис. 1. А — вольт-амперная характеристика диода Шоттки Ni — CdP<sub>2</sub>; Б — спектральная зависимость фотоответа от напряжения смещения на диоде при 300° К в области возможной эмиссии из металла в полупроводниках: а — соответствует смещению на диоде 5 в, б — 1,0 в, в — 0,0 в

Вольт-амперные характеристики некоторых фотодиодов Ni—CdP<sub>2</sub> (рис. 1А) имеют обратное напряжение пробоя, равное 1500 в; обратные токи не превышают 10<sup>-3</sup>—10<sup>-4</sup> ма. Сопротивление такой структуры в прямом направлении равно сопротивлению образца (10<sup>2</sup>—10<sup>7</sup> ом), а в обратном — соответственно 10<sup>4</sup>—10<sup>9</sup> ом.

На рис. 1Б приведена спектральная зависимость  $\sqrt{\alpha}$  (где  $\alpha$  — фототок на единицу падающей энергии) от энергии падающих фотонов при значе-

ниях, меньших ширины запрещенной зоны  $E_g$ . Эта зависимость удовлетворяет закону Фаулера для эмиссии электронов из металла в полупроводник (<sup>10</sup>). Путем экстраполяции линейного участка этой зависимости к значению  $\sqrt{\alpha}=0$  оценена величина высоты потенциального барьера  $\phi_b$ .

При изменении обратного смещения высота потенциального барьера уменьшается и составляет 1,09; 1,06 и 1,04 эв соответственно для напряжений 0; 0,2 и 2,0 в. Графики этой зависимости для различных смещений почти параллельны. По-видимому, коэффициент собирания носителей практически не зависит от величины электрического поля в заборном слое и изменение fotocувствительности определяется высотой барьера.

При энергиях, близких к ширине запрещенной зоны, наблюдается рост fotocувствительности, связанный с началом межзонных переходов в  $\text{CdP}_2$ . В области энергии 1,9–2,3 эв наблюдается два максимума fotocувствительности (рис. 2). Фотодиод в режиме фото-э.д.с. имеет интенсивный максимум при 2,0 эв. Напряжение смещения  $-0,3$  в, подаваемое к контактам диода, сильно увеличивает этот максимум. При смене полярности и величины подаваемого напряжения fotocувствительность в области 2,0 эв уменьшается, а в области 2,13 эв появляется сильный максимум при напряжении 5 в.

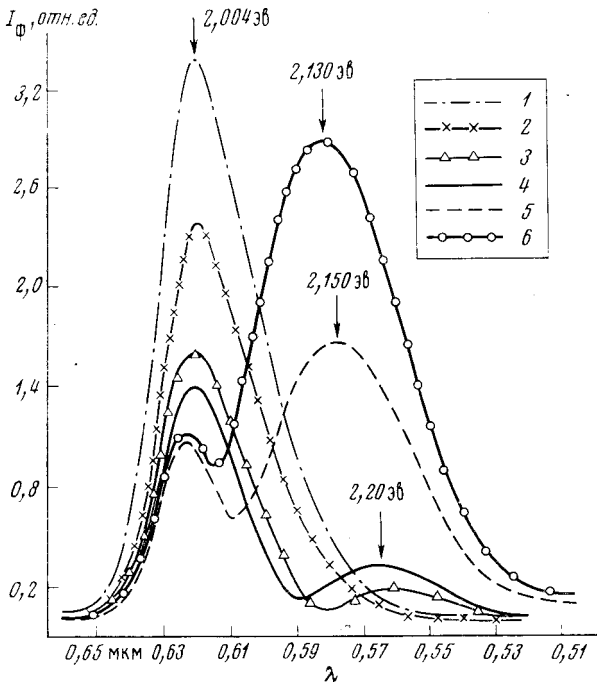


Рис. 2. Изменение спектральной fotocувствительности диода  $\text{Ni} - \text{CdP}_2$  при различных значениях напряжения смещения (в): 1 — 0,3; 2 — 0; 3 — 0,6; 4 — 1,3; 5 — 2,0; 6 — 5,0

Таким образом, подавая на диод напряжения смещения величиной от  $-0,3$  до  $+5$  в (этот интервал можно расширить от  $-10$  до  $+10$  в), можно управлять спектральной характеристикой чувствительности фотодиода.

Если подаваемое напряжение изменяется с частотой  $\nu_1$ , то и сигнал фототовета будет изменяться с частотой  $\nu_1$ . В этом случае частота подаваемого напряжения будет модулировать спектральную чувствительность диода. Структура  $\text{Ni} - \text{CdP}_2$  в этом режиме выполняет функции модулятора и

приемника излучения в интервале 2,00–2,13 эв, т. е. является парой модулятор — приемник.

Фоточувствительность на единицу падающей энергии в максимуме равна  $700 \cdot 10^{-4}$  мка/лк, т. е. сравнима с чувствительностью диффузионных фотодиодов типа ФД-3.

Возможность управления спектральной чувствительностью диода Ni — CdP<sub>2</sub> может быть объяснена следующими механизмами.

1) Носители генерируются в областях полупроводника, примыкающих к обоим контактам. Если оба контакта неомические, то в цепи встречно включены два диода. Смена полярности напряжения меняет смещение на диодах, а следовательно, и характеристику фотоответа.

2) В области энергий, превышающих минимальные прямые межзонные интервалы в CdP<sub>2</sub>, обнаружены не прямые переходы 2,002 эв и прямые 2,150 эв (<sup>3</sup>, <sup>4</sup>). При изменении напряжения смещения изменяется ширина области пространственного заряда, а следовательно, и область, в которой происходит генерация и разделение носителей. В случае обратного смещения ширина области пространственного заряда больше и проявляются не прямые переходы. Прямое смещение уменьшает ширину области пространственного заряда до толщины, при которой проявляются прямые переходы. Это ведет к усилению максимума 2,130–2,150 эв.

Второй механизм является более предпочтительным.

Таким образом, фотодиод Ni — CdP<sub>2</sub> можно использовать как детектор с селективной (управляемой) спектральной чувствительностью в области 2,0–2,15 эв.

Изменяя виды металлических контактных электродов и значения прикладываемого напряжения смещения, удастся изменить высоту потенциального барьера и выявить энергетические положения локальных поверхностных состояний. Эти вопросы в настоящее время нами детально изучаются в анизотропных полупроводниках.

Институт прикладной физики  
Академии наук МССР  
Кишинев

Поступило  
12 VIII 1974

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. А. Гугкин, М. В. Дмитриев, Д. Н. Наследов, Физика и техника полупроводников, т. 6, в. 3, 502 (1972). <sup>2</sup> С. И. Радауцан, Н. Н. Сырбу и др., там же, т. 8, в. 5, 874 (1974). <sup>3</sup> Н. Н. Сырбу, В. Е. Тэзэван и др., Сб.: Свойства некоторых новых полупроводниковых материалов и приборов, Кишинев, 1974, стр. 42. <sup>4</sup> В. С. Вавилов, В. С. Коваль и др., Физика и техника полупроводников, т. 6, в. 2, 281 (1972). <sup>5</sup> И. В. Потыкевич, В. С. Коваль и др., там же, т. 6, в. 11, 2274 (1972). <sup>6</sup> В. В. Соболев, Н. Н. Сырбу, там же, № 5, в. 4, 681 (1974). <sup>7</sup> V. V. Sobolev, N. N. Syrbu, T. N. Suschkevich, Phys. Stat. Sol. (b), v. 43, 73 (1974). <sup>8</sup> V. V. Sobolev, N. N. Syrbu, Ya. A. Ugai, Phys. Stat. Sol., v. 31, K51 (1969). <sup>9</sup> S. I. Radautsan, N. N. Syrbu et al., Phys. Stat. Sol. (b), v. 60, 415 (1973). <sup>10</sup> D. W. Peters, Proc. IEEE, v. 55, 5 (1967).