

06.2; 12

ФОТОДЕТЕКТОР Pd - ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ СЛОЙ - Jn P
КАК ДЕТЕКТОР ВОДОРОДАГ.Г. К о в а л е в с к а я, Л. К р а т е н а,
М.М. М е р е д о в, А.М. М а р и н о в а,
С.В. С л о б о д ч и к о в

В связи с решением ряда технологических задач в промышленности, разработкой приборов для техники безопасности и экологического контроля выявляется необходимость создания эффективных газоанализаторов. В частности, большое внимание уделяется разработке датчиков газов на основе полупроводниковых структур различного типа, включая диоды Шоттки, МДП-структуры, транзисторы. Принцип действия этих детекторов основан на измерении электрических параметров (прямого или обратного тока, емкости, пороговых напряжений), изменяющихся в газовой среде.

Нами были выполнены эксперименты по использованию фотодетектора на основе структуры Pd -промежуточный слой - Jn P как детектора водорода. Цель этих опытов состояла в оценке эффективности фотоэлектрического способа регистрации водорода и в расширении функциональных возможностей фотоприемника.

Диодные структуры создавались двумя способами: электрохимическим и осаждением Pd в вакууме. В первом способе применялись кристаллы p-Jn P с $p = (1-3) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и p-Jn P с $p = 10^{14}-10^{16} \text{ см}^{-3}$, во втором - кристаллы p-Jn P. В обоих случаях процесс включал два этапа: первый - очистка и полировка поверхности [1-4], второй - осаждение палладия. В качестве полирующего травителя использовался раствор 5% Br + 95% CH_3COOH [3]. Электрохимическое осаждение Pd в первом способе проводилось из сложного электролита, содержавшего PdCl_2 при температуре 50-60 °C и плотности тока $\sim 1 \text{ mA/cm}^2$; толщина слоя Pd $\sim 500 \text{ \AA}$.

По второму способу Pd осаждался в вакууме 10^{-6} Тор на горячую подложку с $t \sim 80 \text{ }^\circ\text{C}$ до толщины слоя $\sim 400 \text{ \AA}$ [4].

На рис. 1 представлены вольт-амперные характеристики структур, полученных обоими способами, снятые в газовой среде с водородом и без него. На рис. 2 даны спектральные кривые fotocувствительности структур Pd -ПС-p-Jn P в тех же условиях.

Прямые ветви ВАХ структур с напыленным Pd аналитически могут быть представлены $I = I_0 \exp \frac{qV}{nkT}$, причем коэффициент неидеальности $n=1,1$ для $p=1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и $n=2,1$ для $p=1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Высокие коэффициенты неидеальности свидетельствуют о влиянии промежуточного слоя на механизм токопрохождения. ВАХ же структур с электрохимически осажденным Pd не имеют прямолинейных участков. Такой ход ВАХ, также как механизм токопрохождения

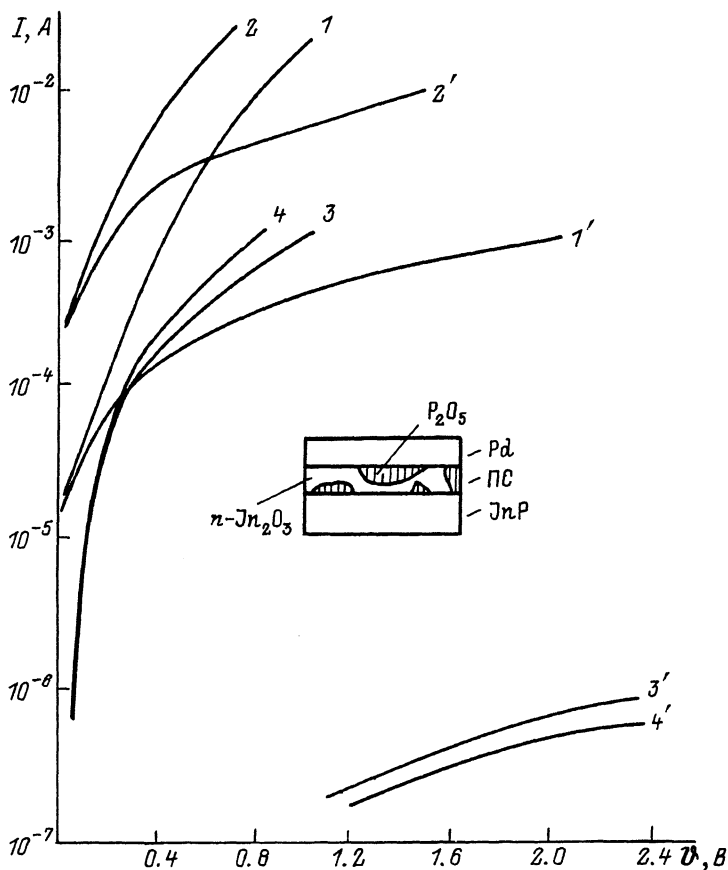


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики структур Pd-PC-InP: 1-1' - Pd-PC-p-InP с электрохимическим (ЭХ) Pd без H₂; 2-2' - в газовой среде с 0.3 р_m H₂; 3-3' - Pd-PC-p-InP с напыленным Pd без H₂; 4-4' - в атмосфере H₂. На вставке - схема структуры с ЭХ Pd.

и его изменение в присутствии H₂, определяются особенностями структуры фотодетекторов (рис. 1, вставка). В результате исследования поверхности InP, процессов ее окисления, фазовых превращений при различных термических обработках установлено, что на ней существует тонкий слой естественных окислов и прежде всего p-In₂O₃. Кроме того, промежуточный слой может содержать P₂O₅, фосфаты типа InPO₄, а в напыленных структурах - фазу Pd_xIn_y или PdIn [1-4]. Процентный состав компонент

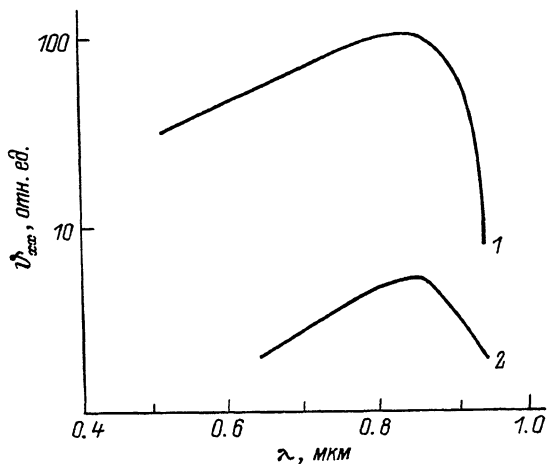


Рис. 2. Спектральные кривые фотоэда Pd-PC-p-nP без H_2 (1) и в газовой среде с $0.3 \text{ атм } H_2$ (2).

определяется спецификой технологических операций. В наших структурах с электрохимически осажденным Pd содержание P_2O_5 составляло более 50 %, в напыленных - на порядок меньше.

Как видно из рис. 2, наблюдается резкое изменение фотоэда для структур с электрохимически осажденным Pd: в воздушной газовой смеси с содержанием H_2 в 0.3 атм фотоответ падает более чем на 1.5 порядка величины. Отдельные образцы показывали изменение в два порядка. В то же время структуры другого типа в атмосфере чистого водорода показывали увеличение фотоэда на 20-30 %. Отметим, что в обоих случаях изменение фотоэда носит неселективный характер по отношению к энергии возбуждающих фотонов.

Изменение обратного тока ВАХ, например, при 0.5 В составляло в первом случае (увеличение) только порядок величины, во втором (уменьшение) - от 30 до 70 %.

Из этих данных следует, что наблюдаемая по фотоэду чувствительность к H_2 наиболее высока для структур с электрохимически осажденным Pd, причем она существенно превышает чувствительность по току. Как известно, фотоэд МДП структуры можно представить следующим образом [5]:

$$j_{xx} = \frac{nkT}{q} \left[\ln \left(\frac{j_{k3}}{kT} \right) + \frac{\Phi_B}{kT} + c \cdot x^{1/2} \delta \right],$$

где Φ_B - высота барьера; $c, x^{1/2} \delta$ - коэффициент прозрачности структуры, j_{k3} - фототок короткого замыкания. Поскольку при освещении могут увеличиваться коэффициент неидеальности n , высота барьера Φ_B из-за перезарядки центров в промежуточном

слое и поверхностных состояниях и изменяться коэффициент прозрачности, то это предопределяет более резкое изменение фотоэда и широкий его диапазон при воздействии H_2 . При электрическом методе регистрации изменение параметров связывают с падением работы выхода Pd , либо с увеличением плотности промежуточных состояний на границе с полупроводником. В фотодиодных структурах с напыленным Pd , вероятно, большую роль играют отмеченные выше фазовые превращения в промежуточном слое, которые „экранируют“ влияние работы выхода Pd и приводят к слабому изменению (возрастанию) V_{xx} в присутствии H_2 . Естественно, что изменение технологии структуры приведет к „очувствлению“ ее по отношению к водороду.

Таким образом, предложенный фотоэлектрический метод регистрации водорода с использованием фотодетекторов на основе Pd -ПС- JnP с электрохимически осажденным Pd обладает существенно более высокой чувствительностью, чем электрический. Очевидно, что структуры с Pd на основе других полупроводниковых материалов с применением фотоэлектрического способа регистрации могут иметь преимущества перед существующими способами электрической регистрации.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Laughlin D.H., Wilmsen C.M. // Appl. Phys. Lett. 1980. V. 37. N 10. P. 915-916.
- [2] Geib K.M. and Wilmsen C.M. // J. of Vac. and Techn. 1980. V. 17. N 5. P. 952-957.
- [3] Wager J.F., Ellsworth D.L., Goodnick S.M. and Wilmsen C.M. // J. of Vac. and Techn. 1981. V. 19. N 3. P. 513-518.
- [4] Caron-Popowich R., Washburn J., Sands T. and Kaplan A.S. // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. N 10. Part 1, P. 4909-4913.
- [5] Srivastava A.K., Guha S. and Arora B.M. // Appl. Phys. Lett. 1982. V. 40. N 1. P. 43-45.

Поступило в Редакцию
4 апреля 1989 г.