

07; 12

© 1991

ФОТОДЕТЕКТОР НА ОСНОВЕ $InGaAs$
КАК ДЕТЕКТОР ВОДОРОДАС.В. Слободчиков, Г.Г. Ковалевская,
М.М. Мередов, А.В. Пенцов,
Е.В. Руссу, Х.М. Салихов

Регистрация и определение концентрации водорода и водородо-содержащих газов полупроводниковыми диодными структурами с палладиевым контактом путем измерения электрических характеристик описано в ряде работ [1-3]. В [4] предложен фотоэлектрический способ регистрации водорода. Этот способ предполагает использование диода Шоттки (с тонким промежуточным слоем или без него) и, таким образом, наличие потенциального барьера на границе палладий-полупроводник. Не все полупроводники, однако, создают барьер Шоттки с Pd , и в то же время во многих случаях желательно расширение набора полупроводниковых материалов и, тем самым, спектрального интервала в ИК область. Перспективно, например, использование фотодетектора на основе $InGaAs$ с $\lambda_{max} = 1.5$ мкм и как детектора водорода. Это тем более представляет интерес, что создаваемые волоконно-оптические линии связи для $\lambda = 1.55$ мкм предполагают использование различных типов фотоприемников на основе $InGaAs$, включая и диоды Шоттки. В этой связи нами исследованы фоточувствительные структуры на основе $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ с палладиевым контактом как детекторы водорода.

Вначале были созданы структуры палладий-полупроводник. На подложке кристалла $n-InP$ с $n = 10^{18}$ см $^{-3}$ толщиной 400 мкм, полученного методом Чохральского, наращивался эпитаксиальный слой $n-In_{0.53}Ga_{0.47}As$ ($n = 1 \cdot 10^{16}$ см $^{-3}$) толщиной 2-3 мкм. Далее в вакууме 10^{-5} Тор наносился слой палладия толщиной 400-500 Å. Омическими контактами к подложке служил сплав $Ag + 5\% Sn$, также наносимый распылением в вакууме. Эти трехслойные структуры показали, однако, только линейные вольтамперные характеристики (ВАХ). В связи с этим структура была изменена, а именно на слой $n-InGaAs$ напылялся слой SiO_2 толщиной 400-500 Å, на которой далее наносился Pd (рис. 1, а). Вольтамперные характеристики этой четырехслойной структуры нелинейны: в „прямом“ направлении (Pd под положительным потенциалом) ВАХ имела зависимость $I \approx \alpha V^2$, т.е. ток, вероятно, обусловлен монополярной инжекцией электронов и ограничивается пространственным зарядом. Этой зависимости предшествовал омический участок. На рис. 1, б показано увеличение прямого и об-

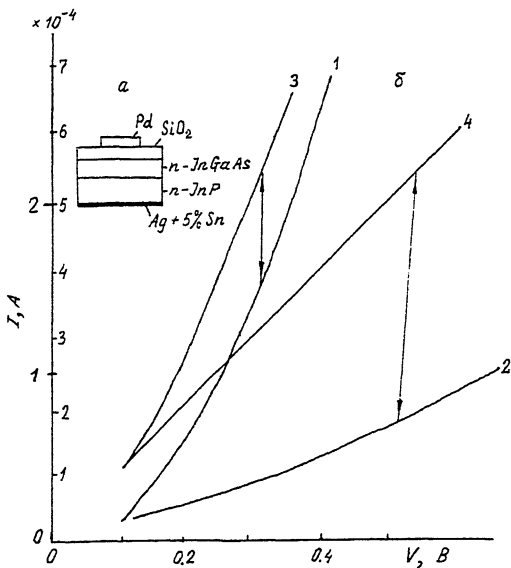


Рис. 1. а - схема $InGaAs$ - фотодетектора; б - вольтамперные характеристики фотодетектора: 1 - прямая ветвь до запуска газовой смеси 5% H_2 в воздухе; 3 - прямая ветвь после запуска газовой смеси (правая шкала по оси ординат); 2 и 4 - обратные ветви до и после запуска той же газовой смеси (левая шкала).

ратного тока в газовой смеси 5% H_2 в воздухе: этот рост составляет соответственно 1.5 (при 0.3 В) и 3 раза (при 0.5 В).

Чувствительность к H_2 фототока оказалась существенно выше: падение фотоэдс составляет более порядка величины (рис. 2) и неселективно по отношению к энергии поглощаемых фотонов. При этом, естественно, наибольшие абсолютные начальные и конечные значения фотоэдс были при $\lambda = 1.3-1.5$ мкм. При импульсном запуске газовой смеси время спада фотоэдс до стационарного значения составляло 1-2 с, а релаксация фототока после импульса ≈ 60 с.

Рассмотрим возможные механизмы изменения проводимости и фотоэдс под влиянием водорода в изученных четырехслойных структурах. Относительно высокие прямые и обратные темновые токи в области малых смещений свидетельствуют о наличии большой плотности примесных уровней, в том числе и мелких, в обуславливающих благодаря тепловому возбуждению, высокую проводимость. Поглощение водорода в SiO_2 приводит к образованию дипольного слоя на границе $Pd-SiO_2$ и изменению плотности заряженных состояний в самой двуокиси кремния [5]. Это вызывает увеличение инжекции дырок в SiO_2 , что увеличивает прямой

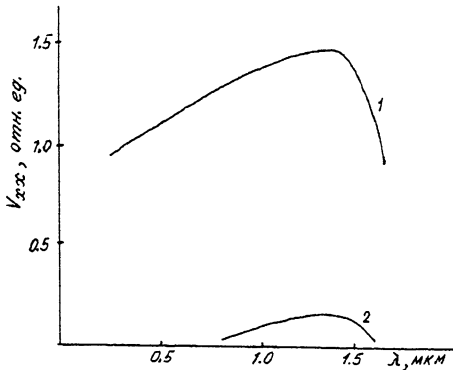


Рис. 2. Спектральное распределение фотоэкс *InGaAs* - фотодетектора: 1 - до запуска газовой смеси 5% H_2 в воздухе, 2 - после запуска газовой смеси.

ток. Относительный рост обратного тока больше, поскольку этот ток без H_2 мал и слабо изменяется из смещением.

Фотоэкс в режиме разомкнутой цепи

$$V_{xx} = \frac{nkT}{q} \left(\ln \frac{J_{K3}}{J_0} + \frac{\varphi}{A^*T^2} + b\chi^{1/2}t \right),$$

где n - коэффициент неидеальности, φ - высота потенциального барьера, разделяющего электронно-дырочные пары, J_{K3} - ток короткого замыкания, A^* - эффективная постоянная Ричардсона, $b\chi^{1/2}t$ - коэффициент прозрачности. В случае наших структур с толстым слоем SiO_2 под действием H_2 может изменяться вследствие изменения последнего параметра. В самом деле, при такой толщине слоя SiO_2 такие характеристики, как φ , J_{K3} , n , не будут претерпевать заметных изменений в газовой среде с H_2 , но коэффициент прозрачности резко изменится. Он падает более чем на порядок для основных носителей тока, электронов. Это качественно соответствует данным по ВАХ и, таким образом, сильное увеличение темнового тока, обусловленное влиянием дипольного слоя, образованного заряженными ионами водорода, приводит к резкому падению V_{xx} . Естественно ожидать, что оптимизация параметров четырехслойной структуры существенно увеличит характеристики чувствительности к водороду (и водородосодержащих газов) фотодетектора на основе *InGaAs*.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Yamamoto N., Tonomura S., Matsuo T., Tsubamura H. // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. N 10. P. 6227-6230.

- [2] Yousuf M., Kuliev B., Lalevic B., Poteat T.L. // Sol. St. Electr. 1982. V. 25. N 8. P. 753-758.
- [3] Fogelberg J., Lundström K.I., Petersson L-G. // Phys. Scripta. 1987. V. 35. P. 702-705.
- [4] Ковалевская Г.Г., Кратена Л., Мередов М.М., Маринова А.М., Слободчиков С.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 12. С. 55-58.
- [5] Dannelun H., Lundström I. and Petersson L-G. // Surf. Sci. 1988. V. 193. P. 109-131.

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

Поступило в Редакцию
2 июля 1991 г.