

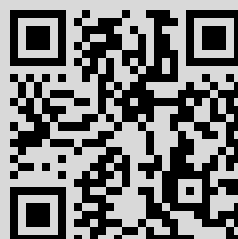
S. I. Radautsan, N. N. Syrbu, V. I. Volodina,  
V. K. Kiosev, Wave length-modulated spectra  
of the photoresponse of Au – Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> barrier  
diodes, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1976, Volume 227,  
Number 4, 830–832

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that  
you have read and agreed to these terms of use  
<http://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 178.168.20.213

January 11, 2021, 17:48:33



Академик АН МССР С. И. РАДАУЦАН, Н. Н. СЫРБУ, В. И. ВОЛОДИНА,  
В. К. КИОСЕВ

### МОДУЛИРОВАННЫЕ ПО ДЛИНЕ ВОЛНЫ СПЕКТРЫ ФОТООТВЕТА БАРЬЕРНЫХ ДИОДОВ Au — Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>

Дифференцирование оптических спектров позволяет значительно увеличить чувствительность и разрешение метода измерения. К настоящему времени для многих полупроводников изучена производная спектров отражения и поглощения по какому-либо параметру <sup>(1)</sup>. Однако модулированные спектры фотопроводимости еще мало изучены <sup>(2)</sup>.

В данном сообщении исследованы модулированные по длине волны спектры фототовета поверхностно-барьерных диодов Au—Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>. Для этих

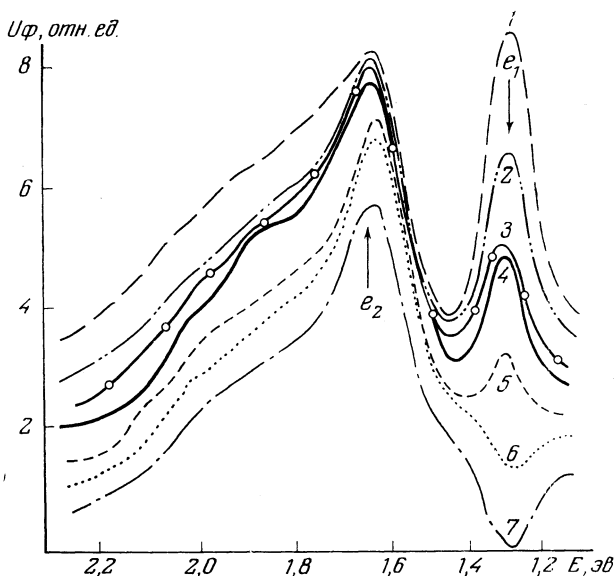


Рис. 1. Спектральное распределение фототовета  $U_{\phi}$  диодов Au—Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> при различных приложенных напряжениях смещения (в): +5 (1), +3 (2), +1 (3), 0 (4), -1 (5), -3 (6) и -5 (7)

диодов изучено изменение формы дифференциальных спектров от напряжения смещения.

Соединение Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> кристаллизуется в тетрагональной решетке с пространственной группой  $D_{4h}^{15}$  ( $P4/nmc$ ) и содержит восемь молекул в элементарной ячейке. В литературе имеются теоретические расчеты зонной структуры, которые были выполнены приближенно без учета спин-орбитального взаимодействия и релятивистских эффектов <sup>(3)</sup>. Зонная структура и величина расщепления зон в  $K=0$  обсуждались в работах <sup>(4-6)</sup>, в которых изучались немодулированные оптические спектры.

Монокристаллы Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> получены из газовой фазы. Удельное сопротивление  $\rho \sim 100$  ком·см. Поверхностно-барьерные структуры получены напылением золота через маску на травленую поверхность кристалла, толщина

слоя золота не превышала 150 Å. Модуляция длины волны осуществлялась вибрацией кварцевой пластинки с помощью пьезодатчика после входной щели монохроматора (1).

Спектральное распределение фототовета диодов Au—Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> при различных смещениях (от +5в до —5в) представлено на рис. 1. При положительном напряжении (режим обратного смещения) в спектрах проявляются два максимума:  $e_1$  (1,40 эв) и  $e_2$  (1,58 эв). При изменении напряжения от 0 до +5 в максимумы усиливаются, особенно  $e_1$ . При напряжении смещения —1в максимум  $e_1$  уменьшается по интенсивности, и при напряжении —3в наблюдается минимум при этих же энергиях. Уменьшение

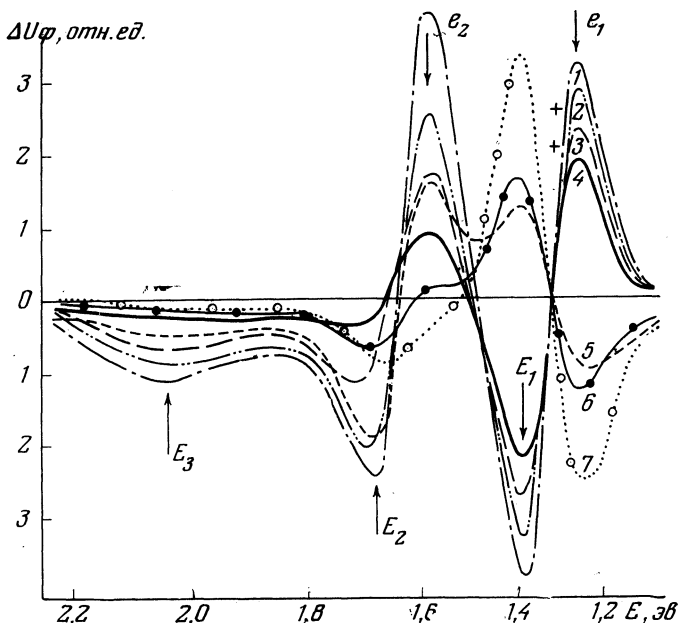


Рис. 2. Модулированные по длине волны спектры фототовета  $\Delta U_{\phi} = U_{\phi}(\lambda_2) - U_{\phi}(\lambda_1)$  диодов Au—Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> при тех же напряжениях смещения, что на рис. 1

напряжения смещения до —5в усиливает отрицательный пик. Таким образом, при изменении значения и полярности подаваемого напряжения смещения наблюдается изменение знака первого максимума фототовета  $e_1$ . В спектрах, дифференцированных по длине волны (рис. 2), структура пиков проявляется лучше, обнаруживаются положительные максимумы  $e_1$ ,  $e_2$  и минимумы  $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_3$ . При изменении напряжения смещения происходит также изменение знака некоторых максимумов и минимумов. При этом изменяют полярность только два пика  $e_1$  и  $E_1$ ; максимум  $e_2$  и минимумы  $E_2$  и  $E_3$  изменяются незначительно.

Ранее в работе (7) в спектрах электроотражения обнаружена инверсия максимумов, обусловленных экситонным поглощением. Однако экситонные максимумы электроотражения проявляются только в узкой области энергий. В нашем же случае, как уже отмечалось, наблюдается изменение двух длинноволновых пиков. Так как в приповерхностной области существует изгиб зон (барьер типа Шоттки), уменьшение приложенного напряжения смещения приводит к убыванию внутреннего поля, имеющего противоположный знак. В результате этого суммарное электрическое поле в приповерхностной области уменьшается, что регистрируется фазочувствительной аппаратурой как изменение знака максимума фотосигнала.

Важно отметить, что начальное электрическое поле в приповерхностной области сильно неоднородно и убывает в глубь полупроводника согласно

уравнению Пуассона. Это и является следствием того, что два длинноволновых экстремума инвертируют с изменением смещения, а экстремумы  $e_2$ ,  $E_2$  и  $E_3$  изменяются слабо. Таким образом, изменение полярности пиков наблюдается в интервале значений энергий 1,20—1,50 эв. Последнее обусловлено поглощением в толщине кристалла, соизмеримой с шириной области пространственного заряда. Действительно, в интервале 1,20—1,50 эв коэффициент поглощения изменяется от 1 до  $10^3 \text{ см}^{-1}$  (<sup>4</sup>, <sup>5</sup>); в этом случае ширина области пространственного заряда порядка  $10^{-3} \text{ см}^{-1}$ .

Сравнивая полученные результаты с известными ранее данными (<sup>4</sup>, <sup>5</sup>), можно предположить, что максимум  $e_1$  с точностью до энергии связи мелких примесных уровней определяет минимальную ширину запрещенной зоны, обусловленной переходами

$$\Gamma_{15}^0(\Gamma_7) - \Gamma_1(\Gamma_6).$$

Экстремум  $E_2$  обусловлен переходами

$$\Gamma_{15}^1(\Gamma_7) - \Gamma_1(\Gamma_6)$$

и  $E_3$  — переходами

$$\Gamma_{15}^2(\Gamma_8) - \Gamma_1(\Gamma_6),$$

Приведенные выше результаты свидетельствуют о том, что спектры фототовета, модулированные по длине волны, дают более полную информацию о зонной структуре твердых тел. Данная методика может с успехом применяться при исследовании широкого круга полупроводниковых материалов.

Поступило  
4 VIII 1975

#### ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. Кардона. Модуляционная спектроскопия, М., «Мир», 1972. <sup>2</sup> Т. Nishino, M. Takeda, I. Natakawa, Surface Sci., v. 37, 404 (1973). <sup>3</sup> P. I. Lin-Chung, Phys. Stat. Sol., v. (b) 47, 33 (1971). <sup>4</sup> V. V. Sobolev, N. N. Syrбу, ibid., v. (b) 64, 423 (1974). <sup>5</sup> Д. М. Берча, Н. Н. Сырбу, Сб. Полупроводниковые приборы и материалы. «Штиинца», Кишинев, 1973. <sup>6</sup> С. Ф. Крулицкий, Н. Н. Сырбу, Н. И. Савка, Докл. Всесоюз. конфер. Физические процессы в гетеропереходах, Кишинев, 1974. <sup>7</sup> S. N. Shestatskii, V. V. Sobolev, N. P. Likhobabin, Phys. Status Solidi, v. 42, 669 (1970).