

06;12

Влияние сульфидирования диодов Шоттки Au–GaAs с профилированной границей раздела на поляритонный пик фотоответа

© М.Л. Дмитрук, О.И. Маева, С.В. Мамыкин, О.Б. Яструбчак

Институт физики полупроводников АН Украины, Киев

Поступило в Редакцию 23 декабря 1996 г.

В работе обсуждается возможность управления fotocувствительностью поверхностно-барьерных структур металл–тонкий собственный окисел–полупроводник в условиях возбуждения поверхностных поляритонов, которые могут использоваться в качестве поляризационно-чувствительных фотоприемников.

Известно [1,2], что возбуждение поверхностных поляритонов на внешней поверхности металлического электрода диодов Шоттки с профилированной границей раздела вызывает резонансное увеличение фотоответа структуры в области собственного поглощения полупроводника. Спектральное положение поляритонного пика определяется дисперсионным соотношением для поверхностных поляритонов в трехслойной системе воздух–тонкая металлическая пленка–полупроводник, несколько возмущенным неплоскостью границ раздела. В условиях плазменного поляритонного резонанса сильно возрастает интенсивность электромагнитного поля у поверхности металла, что обуславливает высокую чувствительность параметров поверхностных поляритонов к оптическим свойствам граничащих сред [3] и используется для управления параметрами резонанса [4].

Сульфидная пассивация поверхности и границ раздела металл–полупроводник использовалась ранее для снижения скорости поверхностной рекомбинации за счет уменьшения плотности поверхностных электронных состояний и улучшения характеристик поверхностно-барьерных структур на основе полупроводников A^3B^5 [5,6].

В данной работе исследуется возможность управления спектральными, поляризационными и угловыми характеристиками фотоответа непассивированных диодов Шоттки GaAs–Au с профилированной границей раздела путем их сульфидной обработки.

Дифракционная решетка с периодом $a = 0.826$ мкм создавалась способом голографического экспонирования фоторезиста Ar-лазером ($\lambda = 0.488$ мкм) на пластине n -GaAs ($n_0 = 1 \cdot 10^{16}$ см⁻³). Затем, способом химического травления, синусоидальный профиль с фоторезиста переносился на полупроводниковую подложку. Глубина h решетки определялась из измерений интенсивности первого порядка дифракции при облучении s -поляризованным светом и составляла 0.190 мкм. Омический контакт формировался с тыльной стороны пластины вплавлением In. Для получения диодов Шоттки пленка золота напылялась в вакууме через маску с отверстиями ~ 1 мм. Сульфидная пассивация поверхности выполнялась путем погружения поверхностно-барьерных структур в 2N водный раствор $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ на 20 с при комнатной температуре и рассеянном освещении. Образцы промывались дистиллированной водой и высушивались. Параметры барьеров Шоттки определялись из измерений вольт-амперных, высокочастотных вольт-фарадных характеристик и из фотоэмиссии. Спектральные характеристики фототока измерялись с помощью монохроматора ДМР-4 с лампой ДКСШ-100 на входе и призмой Глана на выходе в области длин волн 0.3–1 мкм. Все измерения были проведены на уже сформированных структурах GaAs–Au трех типов: 1) исходных; 2) сульфидированных после нанесения Au и 3) после повторного (контрольного) нанесения Au на сульфидированные Au-электроды.

На рис. 1, *a, б* показаны вольт-амперные характеристики до (кривая 1) и после (кривая 2) сульфидирования, типичные для нескольких подобных поверхностно-барьерных структур, полученных на одной и той же пластине GaAs. Темновой ток на прямых вольт-амперных характеристиках заметно меньше для сульфидированных поверхностно-барьерных структур, а на обратных вольт-амперных характеристиках сульфидирование сказывается слабее. Параметр неидеальности прямых вольт-амперных характеристик (n) и высота барьера по трем методам определения представлены в таблице.

Видно, что как параметр неидеальности (n), так и высота барьера в контакте слабо зависят от S -обработки. Низкие значения Φ_b по вольт-амперным характеристикам для исходного до сульфидирования контакта GaAs–Au объясняются влиянием рельефа границы раздела [7]; а уменьшение прямых токов — подавлением краевых эффектов по периметру металлического электрода [8] и снижением скорости поверхностной рекомбинации из-за сульфидной пассивации.

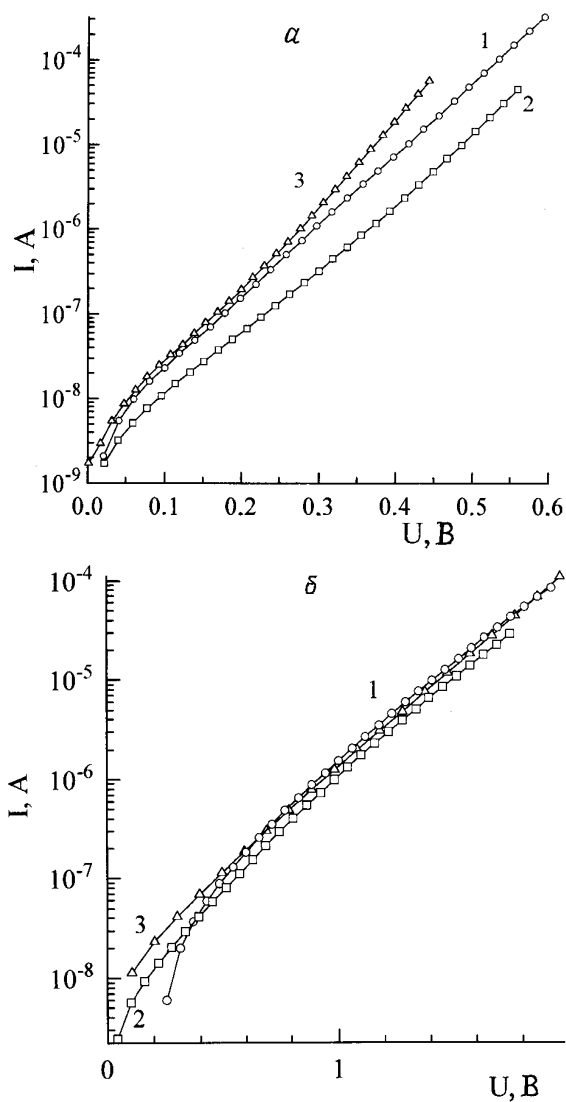


Рис. 1. Прямые (а) и обратные (б) вольт-амперные характеристики поверхностно-барьерных структур Au-GaAs до (1), после их сульфидной обработки (2) и после напыление золота (3).

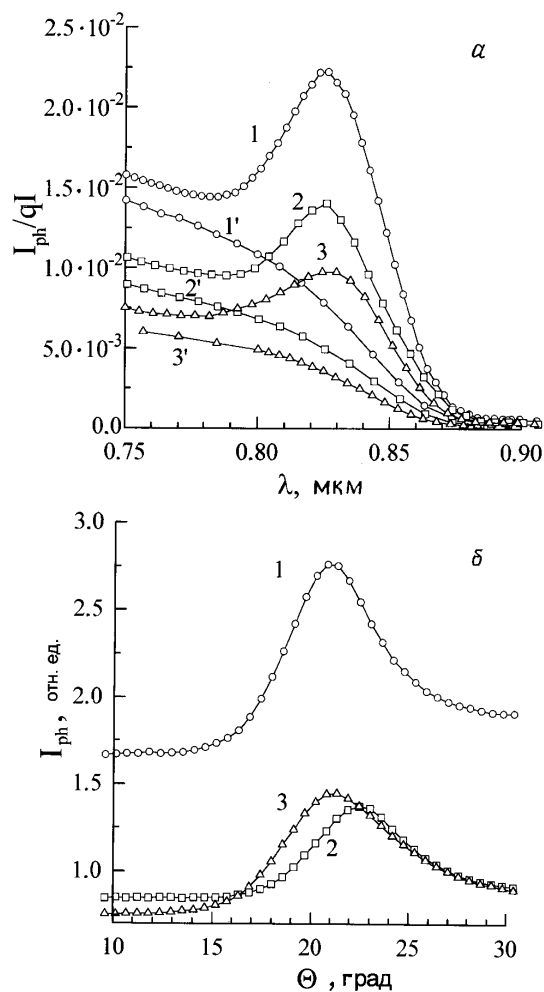


Рис. 2. *a* — спектры фототока поверхностно-барьерных структур Au–GaAs с ДР на границе раздела, измеренные при нормальном падении *p*-(*1, 2, 3*) и *s*-(*1', 2', 3'*) поляризованного света до сульфидной обработки (*1, 1'*), после нее (*2, 2'*) и после повторного напыления Au (*3, 3'*). Толщина Au: *1, 2* — 30 нм, *3* — 80 нм. *b* — угловые зависимости фототока поверхностно-барьерных структур Au–GaAs с ДР для *p*-поляризованного света ($\lambda = 0.6 \mu\text{m}$) до сульфидной обработки (*1*), после нее (*2*) и после повторного напыления Au (*3*).

Влияние сульфидирования на параметры поверхностно-барьерных структур

Вид обработки	N диода	n (вольт-амперные характеристики)	$\Phi_b, В$ (вольт-амперные характеристики)	$V_i, В$ (вольт-фарадные характеристики)	$\Phi_b, В$ (фотоэмиссия)
GaAs–Au	1	3.79	0.645	1.945	0.99
	2	2.22	0.765	1.747	1.02
	3	1.7	0.724	1.602	1.016
	4	2.0	0.74	1.516	1.18
	5	1.98	0.72	1.487	0.989
GaAs–Au(S)	1	3.97	0.65	2.06	0.82
	4	2.13	0.763	1.516	—
	5	2.22	0.72	1.487	0.98
GaAs–Au(S)–Au	2	1.95	0.765	1.73	1.014
	3	1.69	0.755	0.99	0.99

Влияние сульфидирования затворных электродов на фототок поверхностно-барьерных GaAs–Au в условиях возбуждения поверхностных поляритонов показано на рис. 2, *а, б*. На спектрах фототока в p -поляризованном свете четко видны поляритонный пик, отсутствующий при s -поляризации и смещающийся с изменением угла падения света на решетку. Изменение угловой зависимости чувствительности, которая произошла в результате сульфидирования уже сформированных диодов, демонстрирует кривая 2 на рис. 2, *б*. Наблюдаемый сдвиг максимума на угловой зависимости связан с изменением частоты поверхностных поляритонов, распространяющихся по границе воздух–металл. Сульфидная обработка не только сдвигает резонанс к большим волновым векторам, но также влияет на распределение поверхностных поляритонов на границе воздух–металл. Вследствие этого изменяются условия переизлучения поверхностных поляритонов в объемную световую волну, что несколько уменьшает фототок. В этом же направлении действует и слабое поглощение света сульфидной пленкой. Поляризационная же фоточувствительность (отношение фототоков I_p/I_s в резонансе) почти не меняется (или уменьшается незначительно), так как все три условия: 1) уменьшение рекомбинации по периметру полевого электрода; 2) поглощение света; 3) изменения промежуточного слоя

на границе металл–полупроводник вследствие поверхностной диффузии S-ионов сказываются одинаковым образом на фоточувствительности для света обеих поляризаций (рис. 2, а). Последующее напыление (утолщение слоя золота) закономерным образом уширяет и сдвигает максимум фотоответа на угловой зависимости (рис. 2, б, кривая 3). Слабый прогрев (120°C, 30 мин), которому подвергаются поверхностно-барьерные структуры при повторном напылении Au, уменьшает параметр неидеальности n (уплотняется окисел), высота барьера стремится к исходной, а прямые токи даже слегка превышают исходные (рис. 1, а, кривая 3). Таким образом, характеристиками фотоответа в режиме возбуждения поверхностных поляритонов управляет в основном граница раздела воздух–металл, о чем и свидетельствуют опыты с повторным напылением золота.

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что в результате сульфидирования вклад в изменение резонанса и величину фотоответа вносят краевые эффекты по периметру металлического электрода, поверхностная диффузия сульфидных ионов по нему и, конечно, пассивация Au-электрода. По данным эллипсометрических измерений сдвиг резонанса (с $\Theta = 20.8$ до 22°), а изменение ширины и максимума–изменению его мнимой части.

Список литературы

- [1] Bruek S.R.J., Diadiuk V., Jones T., Lenth W. // Appl. Phys. Lett. 1985. V. 10. P. 915–917.
- [2] Беляков Л.В., Горячев Д.Н., Сресели О.М., Ярошецкий И.Д. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. В. 19. С. 1162–1165.
- [3] Дмитрук Н.Л., Литовченко В.Г., Стрижевский В.Л. Поверхностные поляритоны в полупроводниках. Киев: Наук. думка, 1989. 376 с.
- [4] Wilde J.N., Petty M.C., Houghton S. et al. // Gth Europ. Conf. on Organised Films. ECOF6. Abstracts. Sheffield. UK. 1996. 11–14. Sept. P. 31.
- [5] Carpenter M.S., Melloch M.K., Lundstrom M.S. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 52. N 25. P. 2157–2159.
- [6] Басюк Е.В., Дмитрук Н.Л., Маева О.И. // ФТП. 1993. Т. 27. В. 3. С. 415–420.
- [7] Борковская О.Ю., Дмитрук Н.Л., Горбач Т.Я., Мищук О.Н. // ФТП. 1989. Т. 23. № 12. С. 2113–2117.
- [8] Родерик Е.Х. Контакты металл–полупроводник. М.: Радио и связь, 1982. С. 210.