

УДК 621.382

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ НАНОСТРУКТУР Au–Ga₂O₃(Fe)–n-GaP В УФ-ОБЛАСТИ СПЕКТРА

К. ф.-м. н. Д. Мелебаев¹, А. М. Ташлиева¹, к. ф.-м. н. И. Н. Туджанова¹,
д. т. н. Айкутлу Дана², С. Буржуев²

¹Физико-математический институт АНТ, г. Ашхабад, Туркменистан;

²Билкентский университет – UNAM, г. Анкара, Турция

dmelebay@yandex.ru

Фоточувствительные наноструктуры Au–Ga₂O₃(Fe)–n-GaP созданы методом химического осаждения. Свойства структур исследовались фотоэлектрическим методом, а морфология оксидного слоя Ga₂O₃(Fe) исследовалась на сканирующем и просвечивающем электронных микроскопах. При энергии фотонов $h\nu > 5,0$ эВ в структуре обнаружен фототок, обусловленный фотовозбуждением электронно-дырочных пар в диэлектрике и разделением их полем барьера. Обнаруженные явления в наноструктурах позволяют создавать новые типы фотоприемников, имеющих важное практическое значение.

Ключевые слова: фоточувствительность, наноструктура, оксид галлия, оксид железа, фотоприемники.

В последнее время в связи с требованиями медицины, биологии и проблемой «озоновой дыры» усилился интерес к полупроводниковым фотоприемникам ультрафиолетового (УФ) диапазона спектра [1]. Наиболее перспективными приборами в этом спектральном диапазоне являются фотоприемники на основе структур «металл (М) – диэлектрик (Д) – полупроводник (П)» с барьером Шоттки [2]. В [3, 4] при исследовании фоточувствительных наноструктур Au–оксид–n-GaP в УФ-области спектра были обнаружены новые закономерности. В длинноволновой части спектра наблюдался максимум фототока при $h\nu_m = 2,35$ эВ, а в коротковолновой части спектра при $h\nu > 5,1$ эВ наблюдался рост фоточувствительности с увеличением $h\nu$. Однако природа длинноволнового максимума и причина коротковолнового роста I_{fo} при $h\nu > 5,1$ эВ не были выяснены. Настоящая работа посвящена изучению этого вопроса.

Можно предположить, что причиной обнаруженных особенностей спектра данных структур является присутствие в них на границе «полупроводник–металл» оксида железа, появляющегося там вследствие обработки поверхности бромидом железа. Для выяснения влияния оксида железа (Fe₂O₃) на спектр фототока барьеров Шоттки были созданы два типа МДП-структур на основе GaP: одна структура содержит оксид железа, другая – не содержит. Технология изготовления и основные параметры наноструктурированных фотодиодов Шоттки на основе n-GaP подробно освещены в [4]. После химического травления смесью Br₂(4%) + C₂H₅OH(96%) с последующей промывкой в этаноле, поверхность n-GaP обрабатывали этаноловым раствором бромида железа (FeBr₂·6H₂O). На химически обработанной поверхности GaP последовательно создавали наноксидный слой Ga₂O₃ с оптимальной толщиной $\delta = 3–5$ нм, а затем – барьерный контакт из нанослоя Au толщиной 12–14 нм. Оксидный слой и барьерный контакт создавались химическим методом [3].

Основные результаты исследований, полученные фотоэлектрическими методами, а также на сканирующем и просвечивающем электронных микроскопах показаны на рис. 1 и 2.

В структурах, содержащих железо, в видимой (2–3 эВ) и УФ (5–6,2 эВ) областях спектра обнаружены новые закономерности (рис. 1, кривая 2). В длинноволновой части спектра наблюдается максимум фототока при $h\nu_m = 2,35$ эВ. Это связано с образованием на границе раздела «полупроводник – металл» оксида железа (Fe₂O₃), ширина запрещенной зоны которого $E_{gox} \approx 2,3$ эВ. В УФ-части спектра в интервале 5,0–6,2 эВ наблю-

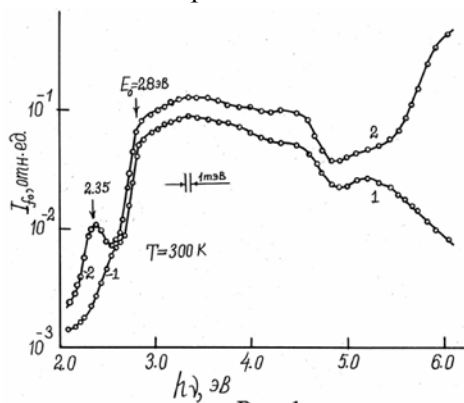


Рис. 1

дается рост фоточувствительности с увеличением $h\nu$.

В структурах, не содержащих оксид железа, такая закономерность не обнаружена (рис. 1, кривая 1).

При освещении структуры Au–оксид–*n*-GaP, оксидный слой Ga₂O₃, легированный Fe, и нанослой Au находятся под влиянием высокого внутреннего электрического поля ($E_{mo} \geq 10^5$ В/см) объемного заряда и под действием квантов высоких энергий $h\nu > 5$ эВ, т. е. при больших значениях коэффициента поглощения света $k \geq 10^6$ см⁻¹ в диэлектрике возникает фототок, обусловленный фотозабросом носителей заряда из контакта и последующим их перемещением по разрешенным зонам [5]. Оксидный слой Ga₂O₃(Fe), по данным исследований морфологии и структуры на электронных микроскопах, имеет специфическую особенность (рис. 2, а). В нем обнаружены нанопроволоки, образованные с участием оксида железа, диаметр которых составляет 25–45 нм, а длина достигает 10–12 мкм. Поэтому можно предположить, что в данном случае существует несколько механизмов переноса носителей заряда через слой Ga₂O₃.

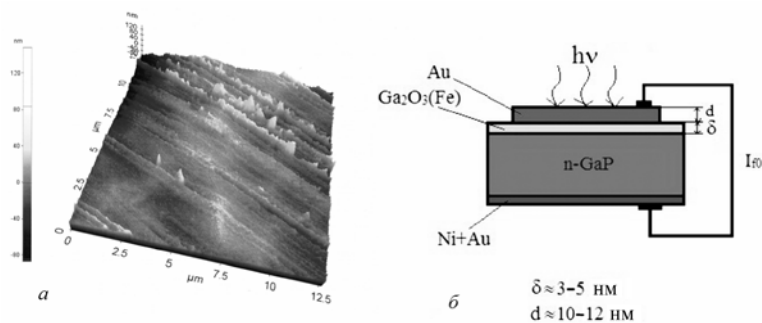


Рис. 2

Таким образом, присутствие ферромагнитного атома железа на границе раздела структур способствует созданию атомарно-чистой поверхности полупроводника и возникновению в структуре специфических свойств [6], что доказывается обнаруженными явлениями в Au–Ga₂O₃(Fe)–*n*-GaP-структурах в коротковолновой области спектра при $h\nu > 5$ эВ (рис. 1, кривая 2). Это позволяет создать новый тип оптоэлектронных приборов (рис. 2, б), которые могут найти широкое применение.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Бланк Т. В., Гольдберг Ю. А. Полупроводниковые фотопреобразователи для ультрафиолетовой области спектра // ФТП.– 2003.– Т. 37, № 9.– С. 1025–1055.
2. А. С. 1634065 СССР. Фотоприемник//Мелебаев Д., Гольдберг Ю.А., Дурдымурадова М.Г., Царенков Б.В. – 02.12.1988.
3. Melebayev D. The ultraviolet radiation photodetectors based on nanostructures Au-oxide-*n*-GaP//Proceeding of the International Scientific and Technical Conference “Nanotechnologies of functional materials (NFM’10)” Saint Petersburg.– 2010.– P. 115–116.
4. Мелебаев Д., Ташлиева А. М., Рудь Ю. В., Рудь В. Ю. Исследование спектра фоточувствительности Au-Ga₂O₃-*n*-GaP для определения ширины запрещенной зоны оксида Ga₂O₃ // Труды XIII Междунар. науч.-практич. конференции «Современные информационные и электронные технологии».– Украина, г. Одесса.– 2012.– С. 288.
5. Барабан А. П., Булавинов В. В., Коноров П. П. Электроника слоев SiO₂ на кремнии.— Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1988.
6. Котгам М. Г., Локвуд Д. Дж. Рассеяние света в магнетиках.— Москва: Наука, 1991.

D. Melebayev, A. M. Tashlieva, I. N. Tujanova, Aykutlu Dana, S. Burzhuev

Photosensitivity of Au–Ga₂O₃(Fe)–*n*-GaP nanostructures in ultraviolet spectral region.

Photosensitive Au–Ga₂O₃(Fe)–*n*-GaP nanostructures were created by chemical deposition method. Characteristics of these structures were researched by photoelectric method, and morphology and structure of the oxide layer were investigated using scanning and transmission electron microscopes. At the photon energy $h\nu > 5,0$ eV, the photocurrent was detected in the structure. The photocurrent was determined by electron-hole pairs light activation in a dielectric and their uncoupling by barrier field. The effects discovered in the nanostructures make it possible to create new photodetectors for practical use.

Keywords: *photosensitivity, nanostructures, gallium oxide, iron oxide, photodetectors.*