

ДЕТЕКТОРЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРАХ ITO-GaSe

Н.Д.ИСМАЙЛОВ, Э.К. ГУСЕЙНОВ, И.С.ГАСАНОВ, С.А. АЛИЕВА

*Институт Физики НАН Азербайджана,**1143-Az, Баку, H.Javid ave., 33*

Vakuum şəraitində maqnetron tozlandırma metodu ilə xüsusi müqaviməti $\rho=10^3\text{-}10^4$ Om-sm olan GaSe həcmi monokristalların təzə açdırılmış səthinə $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ təbəqələri çökdürülmüşdür. Omik kontaktlar mis təbəqələrin vakuum çökdürülməsi və sonrakı göyüldürülməsi vasitəsi ilə formalaşdırılmışdır. Təzə açdırılmış səthli p-GaSe nümunələrin qalınlığı 30-40 mkm təşkil etmişdir. Bu üsulla yaradılmış ITO-GaSe-Su maneəli fotodiod strukturları 1 mm² yaxın fotoqəbuledici sahəyə, cüzi ($\sim 10^{-9}$ A) qaranlıq itkli cərəyanlara və $\sim 10^{11}$ Om differensial müqavimətə malik idilər. Müəyyən olunmuşdur ki, 20-60 V gərginliklər intervalında qısdalbalı oblastda $\lambda=0,35$ mkm ətrafında sıfır gərginlikdə fotocərəyanının qiymətini beş tərtib üstələyən fotocərəyanının kəskin artması müşaidə olunur. Struktura əks gərginlik tədbiq edildikdə də fotehəssaslığının çox güclü asılılığı müşaidə olunur. İfrat bənövşəyi oblastda tədqiq edilmiş strukturlarının müşaidə olunan yüksək həssaslığı onları IB şüalanmasının perspektivli detektorları kimi istifadəsinə imkan verir.

Методом магнетронного распыления в условиях вакуума на свежесколотую поверхность объемных монокристаллов GaSe с удельным сопротивлением $\rho = 10^3\text{-}10^4$ Ом/см осаждались слои $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$. Омические контакты формировались посредством вакуумного осаждения с последующим отжигом слоев меди. Толщина образцов p-GaSe со свежесколотой поверхностью составляла 30-40 мкм. Созданные таким образом барьерные фотодиодные структуры ITO-GaSe-Cu имели фотоприемную площадь около 1 мм², имели незначительные темновые токи утечки ($\sim 10^{-9}$ А) и обладали дифференциальное сопротивление $\sim 10^{11}$ Ом. Обнаружено, что в интервале напряжений 20-60 В в коротковолновой области, в районе $\lambda=0,35$ мкм, наблюдается резкий рост фототока, на пять порядков превышающий значение фототока при нулевом смещении. Также очень сильная зависимость fotocувствительности структуры наблюдается при приложении к ней обратного смещения. Так, начиная от напряжений 10-20 В, фототок резко увеличивается и при напряжениях 80-100 В его значение на три порядка превышает фототок при нулевом смещении. При этом быстродействие структуры увеличивалось более чем на два порядка по сравнению со значением при нулевом смещении ($\tau \leq 10^{-3}$ с). Наблюдаемая повышенная чувствительность исследованных структур в ультрафиолетовой области позволяет рассматривать их в качестве перспективных детекторов УФ излучения.

The $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ layers with specific conductance of $\rho=10^3\text{-}10^4$ Ohm/cm were deposited on fresh-cleaving surface of the bulk GaSe single crystals by the method of magnetron scattering in vacuum condition. Ohmic contacts were prepared by the copper deposition in vacuum with subsequent thermal annealing. The thickness of the fresh-cleaving p-GaSe samples were 30-40 μm . Created barrier photodiode ITO-GaSe-Cu structures by the photo-receiver area of 1 mm² had negligible dark leakage current ($\sim 10^{-9}$ A) and had differential conductance $\sim 10^{11}$ Ohm. It was shown that the drastic increasing of photocurrent is observed in short-wave range (near $\lambda=0,35$ μm) of spectrum at applying 20-60 V. It is on five orders more than the value of photocurrent at zero bias. Such very strong dependence of photosensitivity of the structure is observed at applying reverse bias to her. So, the photocurrent sharply increases beginning from 10-20 V but his value at 100 V on free orders more than photocurrent's magnitude at zero bias. At that the fast-operation of the structure increase more than two orders in comparison with value at zero bias ($\tau \leq 10^{-3}$ s). Observed high sensitivity of investigated structures in ultra-violet range of spectrum allows to considering them as perspective detectors of UV radiation.

В связи с бурным развитием лазерной техники одной из важных проблем оптоэлектроники является создание высокочувствительных, быстродействующих фотоприёмников излучения различных диапазонов спектра. Использование широкозонных материалов типа GaP, $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$, GaAs при создании фотоприёмников видимого и ультрафиолетового диапазонов позволяют достичь определённого преимущества по сравнению с кремниевыми фотоприёмниками по параметрам fotocувствительности, высокой термостабильности и радиационной стойкости. Ещё больше возможности для создания фотоприёмников видимого и ультрафиолетового диапазонов спектра открывают применение слоистых полупроводниковых материалов A^3B^6 , отличающиеся высокой радиационной стойкостью и повышенной fotocувствительностью в коротковолновой области спектра [1]. Отсутствие оборванных связей на поверхности этих материалов обеспечивает малую скорость поверхностной рекомбинации носителей заряда. Этим обуславливается слабая зависимость квантового выхода внутреннего фотоэффекта от длины волны излучения в области фундаментального поглощения в этих материалах [2].

В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования электрических и фотоэлектриче-

ских свойств гетероструктур ITO-p-GaSe, позволяющие судить о возможности создания быстродействующих, высокочувствительных УФ фотоприёмников на основе GaSe.

Фоточувствительные структуры изготавливались на основе монокристаллов p-GaSe, выращенных методом Бриджмена с удельным сопротивлением $\rho = 10^3\text{-}10^4$ Ом/см. Омические контакты формировались путём вакуумного осаждения с последующим отжигом слоёв меди, а барьерный контакт путём магнитного распыления в вакууме ITO ($\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$) через маску на свежесколотую поверхность слоёв GaSe толщиной 30-40 мкм. Фотодиоды диаметром 1мм имели темновые токи утечки - 10^{-9} А, дифференциальное сопротивление $\sim 10^{11}$ Ом и выдерживали обратное напряжение до 100В. Хотя характеристики структур, изготовленных на сколах из разных слитков отличались, но в пределах одной пластины они имели сходные значения и были стабильны во времени.

Спектральные характеристики fotocувствительности измерялись фазовым детектором с использованием решётчатого монохроматора. На рис.1 приведена типичная спектральная характеристика fotocувствительности изготовленных структур. Максимум на краю фундаментального поглощения приходится на $\lambda = 615$ нм, и прак-

тически не зависит от приложенного напряжения смещения.

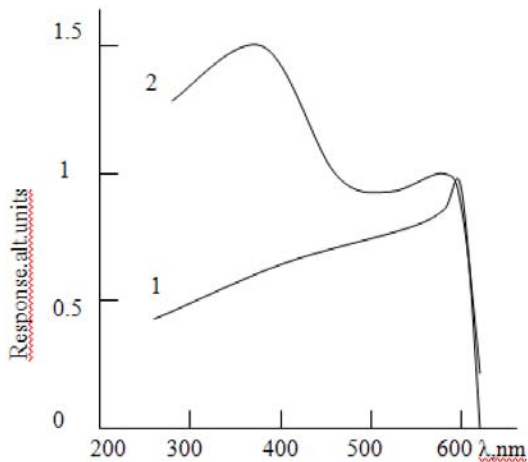


Рис.1. Спектр фотопроводимости GaSe (1) и фототока ITO-GaSe(2) при $U=20$ V

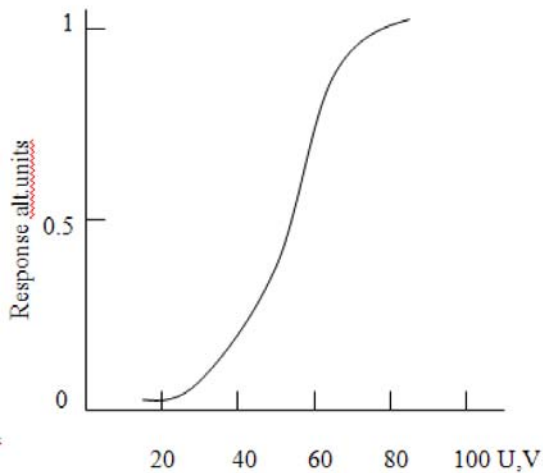


Рис.2. Зависимость фототока ITO-GaSe структуры от обратного смещения.

Для сравнения на рис.1 приведена также спектральная характеристика фотопроводимости данного образца. Как видно из рисунка в обоих случаях наблюдается хорошая чувствительность в коротковолновой области

спектра, однако на $\lambda = 0,35\mu\text{м}$ в пересчёте на количество фотонов фоточувствительность поверхностно-барьерной структуры в пять раз превышает фоточувствительность фоторезисторов. Наблюдается также очень сильная зависимость фоточувствительности данной структуры при приложении обратного напряжения. Как видно из рис.2 начиная от напряжений 10-20В фототок начинает резко увеличиваться и при $V \approx 80-100\text{В}$ его значение 10^3 раз превышает его значений при $V \approx 0$. Для оценки величины ампер-ваттной чувствительности S_I ($0,6\mu\text{м}$) структуры, величина его фототока сравнивалась с величиной фототока стандартного кремниевого фотодиода с $S_I(0,6\mu\text{м}) = 0,4\text{А/Вт}$. По данной оценке исследуемая структура имела $S_I = 50-60\text{А/Вт}$ на $\lambda = 0,6\mu\text{м}$ и $V_{\text{обр}} = 70\text{В}$. При этом быстродействие увеличивалось $>10^2$ раз по сравнению $\tau \leq 10^{-3}\text{с}$ при $V=0$. Вольёмкостная зависимость барьерной ёмкости $C_b^{-2}(V)$ при $V_{\text{обр}} > 10\text{В}$ была линейно на частоте тестового сигнала $\sim 50\text{кГц}$ и при $V = 70\text{В}$ $C_b \leq 1\text{пФ}$. При таких величинах C_b быстродействие могло бы иметь значение $\tau = 10^{-11}\text{сек}$ при сопротивлении квазинейтральной области $R_V = 10\text{см}$. Однако для слоистых полупроводников существенной проблемой остаётся высокое их сопротивление в направлении оптической оси $\parallel \vec{c}$. Наиболее вероятная причина увеличения фоточувствительности при обратных напряжениях 20-100В может быть лавинная ионизация носителей заряда в области пространственного заряда, хотя расчёт показывает, что этот механизм должен наблюдаться при $U > 100\text{В}$. Если предположить, что в образце имеется концентрационная неоднородность и что напряжённость поля на краю полевого электрода значительно выше, то этот механизм вполне вероятен. Этим механизмом объясняется также увеличение фоточувствительности в УФ области, где всё излучение поглощается в ОПЗ, тогда как на длине волны $\lambda = 0,62\mu\text{м}$ в ОПЗ поглощается только 1/10 часть излучения, а большая часть излучения поглощается в квазинейтральном объёме, где происходит частичная рекомбинация фотогенерированных носителей. Таким образом рассмотренные структуры, учитывая их специфические свойства из-за слоистости, могут рассматриваться перспективными детекторами УФ излучения.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта 3237 УНТЦ.

[1]. И.Д.Анисимова, В.И.Стафеев. Фотоприёмники ультрафиолетового диапазона на основе широкозонных соединений A_3B_5 . Прикладная физика №2.стр.41-44. (1999).

[2]. Э.Ю.Салаев, М.О.Годжаев, Е.Т.Алиев,З.Зарбадиев. “InSe и GaSe-эффективные фоточувствительные материалы в широкой области спектра (1-6эВ)”, Письма в ЖТФ, т.14.В 17. стр.1628-1630. (1988).