

переходит из нарастающей вертикальной в наклонную зависимость.

Таким образом, показана возможность изготовления качественного фототранзистора *n-p-n*-типа на основе формирования двойной гетероструктуры "окисел-InSe-окисел".

Значительное усиление фототока в фототранзисторе имеет место лишь для толщин исходных образцов, которые сравнимы с диффузионной длиной основных носителей заряда.

Особенностью усиления фототока является переход фототранзистора из высокоомного в низкоомное состояние лишь при определенных приложенных напряжениях и уровне освещения. Чем выше уровень освещения, тем меньше напряжение такого перехода. Плотность токов через фототранзистор при таком переходе может достигать 60—100 мА/см².

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Kovalyuk Z. D., Katerynychuk V. M., Mintyanskiy I. V. et al. Gamma radiation influence on the photoelectrical properties of oxide-p-InSe heterostructure / E-MRS Spring Meeting Conference. Symposium D: Functional oxides for advanced semiconductor technologies.— Strasbourg (France).— 2004.
2. Катеринчук В. Н., Ковалюк М. З. Гетеропереходы из InSe, сформированные термическим окислением кристаллической подложки // Письма в ЖТФ.— 1992.— Т. 18, № 12.— С. 70—72.
3. Kovalyuk Z. D., Katerynychuk V. M., Savchuk A. I., Sydor O. M. Intrinsic conductive oxide — p-InSe solar cells // Materials Science and Engineering B.— 2004.— Vol. 109.— P. 252—255.
4. Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Ser. Group III: Crystal and Solid State Physics. Vol. 17, subvol. f / Ed. by O. Madelung.— Berlin e. a.: Springer, 1983.
5. Martinez-Pastor J., Segura A., Valdes J. L., Chevy A. Electrical and photovoltaic properties of indium-tin-oxide/p-InSe/Au solar cells // J. Appl. Phys.— 1987.— Vol. 62, N 4.— P. 1477—1483.
6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 2.— М.: Мир, 1984.

К. т. н. Н. Г. ДЖАВАДОВ

Азербайджан, г. Баку, ПО «Промавтоматика»
E-mail: cavadov_natig@mail.az

Дата поступления в редакцию
09.11 2004 г.

Оппонент д. т. н. В. В. ДАНИЛОВ
(ДонНУ, г. Донецк)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ФИЛЬТРОВЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

Использование пленок поликристаллического кремния вместо монохроматических фильтров на основе стекла позволяет упростить конструкцию фильтровых спектральных приборов.

Возможность дальнейшего совершенствования показателей узкополосных интерференционных световых фильтров позволяет рассматривать фильтровые спектральные приборы в качестве перспективных инструментов для дистанционных исследований малых газовых составляющих атмосферы. Например до настоящего времени для исследования озонового слоя широко применяется фильтровый озонометр типа М-83 и его модификации [1]. Обладая существенной простотой конструкции и дешевизной, эти озонометры по точности уступают спектрометрам Добсона [2]. Однако потенциальные возможности проведения озонометрических измерений с высокой степенью достоверности с помощью фильтровых озонометров еще не до конца раскрыты.

В настоящей работе исследованы фотоэлектрические свойства пленок поликристаллического кремния с целью использования их в фильтровых спектральных приборах.

На рис. 1 показан один из вариантов модели оптико-электронного тракта спектрального прибора, где

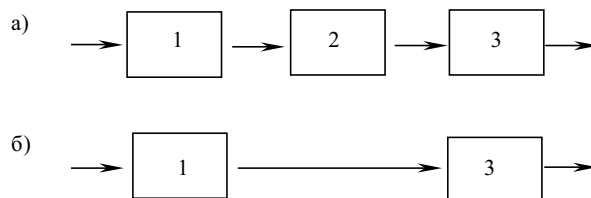


Рис. 1. Варианты модели оптико-электронного тракта фильтрового спектрального прибора:

1 — интерференционный фильтр; 2 — светофильтр; 3 — фоторезистор

через интерференционный фильтр проходят световые сигналы как основной длины волны $\phi_0(\lambda_1)$, так и удвоенной — $\phi_0(2\lambda_1)$.

Для подавления сигнала удвоенной длины волны в варианте рис. 1, а используется цветное стекло УФ-диапазона, являющееся монохроматическим фильтром. Относительная простота варианта рис. 1, б диктует необходимость выбора именно этой схемы. Но поскольку в этом случае отсутствует светофильтр, отсекающий ненужную часть спектра, то эти функции должен выполнять сам фотоприемник, который в связи с этим должен обладать высокой избирательностью.

Нами исследовались мелкозернистые пленки поликристаллического кремния (ППК), обладающие, как было показано в [3], высокой чувствительностью в коротковолновой области спектра ($\lambda \approx 0,5$ мкм), пригодные для применения в озонометрических приборах.

Известно, что чувствительность в этой области спектра достигается за счет использования мелких $p-n$ -переходов. Изготовление последних представляет на сегодня технологические трудности. В этой связи применялись слаболегированные ППК, на границах зерен которых имеются глубокие ловушки, обуславливающие формирование областей пространственного заряда (ОПЗ). Слаболегированные ОПЗ у поверхности пленки могут выступать в роли неглубоких $p-n$ -переходов, что позволяет использовать их в качестве фотодетекторов, исключая при этом из технологического процесса изготовления этапы диффузии или ионного легирования.

ППК толщиной 6 мкм со средним размером зерна 0,3, 1 и 5 мкм формировались в процессе эпитаксиального наращивания пленок монокристаллического кремния n -типа проводимости с концентрацией легирующей примеси (фосфор) 10^{16} см^{-3} на локально маскированные кремниевые подложки по технологии, описанной в [4]. Размер зерен ППК контролировался с помощью растрового электронного микроскопа МРЭМ. Омические контакты к ППК получали в процессе вакуумного напыления Al на предварительно сформированные n^+ -области.

Для того чтобы проверить зависимость вентиляльной фото-э.д.с. U_{ϕ} и тока короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ от длины и ширины элементов были изготовлены две группы образцов. В одной из них с увеличением длины элемента также увеличивалась и ширина: $200 \times 20, 400 \times 40, 600 \times 60, 800 \times 80$ мкм. В другой группе образцов ширина всех элементов оставалась фиксированной — $400 \times 40, 800 \times 40, 1200 \times 40$ мкм. Измерения U_{ϕ} и $I_{\text{кз}}$ проводились в стационарном режиме и при различной освещенности в диапазоне $2 \cdot 10^3 \dots 2 \cdot 10^4$ лк. Освещенность измерялась с помощью люксметра Ю-116.

Измерения показали, что в ППК вентиляльная фото-э.д.с. возрастает с увеличением как длины пленки l , так и размера зерна в ней (рис. 2 и 3). Причем при

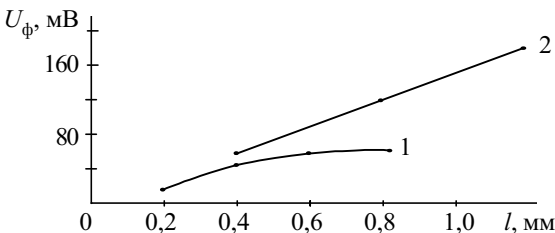


Рис. 2. Зависимости фото-э.д.с. от конструктивных параметров ППК: 1 — ширина пленки меняется от 20 до 80 мкм; 2 — ширина пленки постоянная, 40 мкм

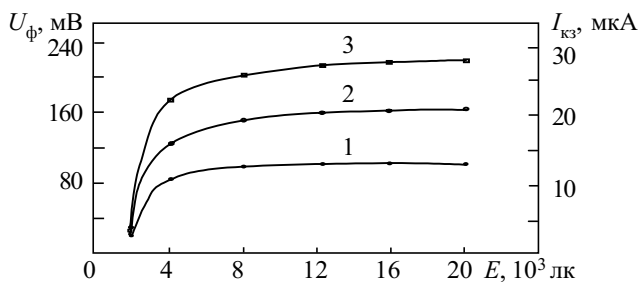


Рис. 3. Фотовольтаические $U_{\phi}(E)$ и люкс-амперные $I_{\text{кз}}(E)$ зависимости ППК с различным размером зерна (l — 0,3 мкм; 2 — 1 мкм; 3 — 5 мкм)

одинаковой ширине пленок U_{ϕ} растет прямо пропорционально ее длине, а в образцах с разной шириной пленки наблюдалась тенденция к насыщению U_{ϕ} (рис. 2), что, по-видимому, может быть объяснено шунтирующим действием фото-э.д.с., возникающей между параллельными рядами зерен в перпендикулярном к протеканию тока направлении.

С увеличением освещенности во всех образцах U_{ϕ} вначале возрастает по логарифмическому закону, а затем переходит в насыщение (рис. 3), обусловленное достижением фото-э.д.с. максимального значения, равного суммарной высоте потенциальных барьеров на границах зерен вдоль направления протекания тока. Величина тока короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ растет с увеличением как ширины ППК, так и ее длины (см. рис. 3), т. е. возникающий под действием света ток пропорционален площади образца.

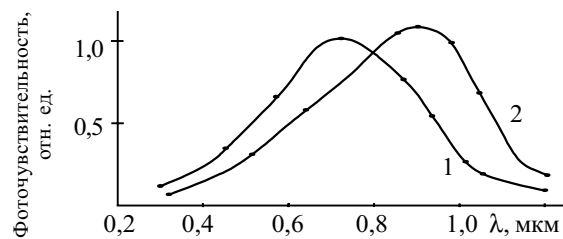


Рис. 4. Спектральные зависимости ППК:

1 — мелкозернистые (0,3 мкм); 2 — крупнозернистые (5 мкм)

Исследование спектрального распределения фоточувствительности при комнатной температуре, проведенное с помощью монохроматора УМ-2, показало, что максимальная чувствительность мелкозернистых пленок наблюдается на длине волны 0,65 мкм и составляет 1600 В/Вт (рис. 4, кривая 1). С увеличением размера зерна, благодаря большей глубине залегания ОПЗ, максимум фоточувствительности сдвигается в длинноволновую область (рис. 4, кривая 2) и растет до значения 2000 В/Вт. В коротковолновой области спектра при длине волны 0,45 мкм чувствительность мелкозернистых ППК имеет значение порядка 600 В/Вт.

Проведенные исследования фотозлектрических свойств пленок поликристаллического кремния показали, что их можно использовать в качестве фоторезисторов для спектральных приборов в узком диапазоне спектра, определяемом подбором среднего размера зерен ППК, что можно регулировать технологическими методами изготовления.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Шаломьянский А. М., Ромашкина К. И. Распределение и измерение общего содержания озона в различных воздушных массах // Физика атмосферы и океана.— 1980.— № 12.— С. 1258—1265.
2. Dobson G. M. The development of instruments for measuring atmospheric ozone during last fifty years // J. Phys. Sci. Instr.— 1973.— Vol. 6.— P. 938—939.
3. Джавадов Н. Г., Касимова Ф. Ф. Коротковолновые фотоприемники на основе пленок поликристаллического кремния // Физика (НАН Азербайджана).— 1998.— Т. 4, № 2.— С. 18—19.
4. Abdullayev A. G., Kasimov F. D. The simultaneous growth of mono- and polycrystalline silicon films with controlled parameters // Thin Solid Films.— 1984.— Vol. 115, N 3.— P. 237—243.