

13. Haddare H. S., Cristoloveanu S. Parameter extraction method for inhomogeneous MOSFET's locally damaged by hot carrier injection // Solid State Electron.—1988.—31, N 11.—P. 1573.

Поступила в редакцию 6 мая 1992 г.

УДК 621.315.592

О. А. Гудаев, В. А. Трещихин

(Новосибирск)

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫХ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

По спектрам фотопроводимости рассчитано произведение коэффициента поглощения на квантовый выход химически осажденных поликристаллических пленок PbS. Определена ширина и температурный коэффициент расширения запрещенной зоны. Показано, что за фоточувствительность пленок PbS ответственны кристаллиты с параметрами, близкими к монокристаллу. Отжиг образцов при низких температурах изменяет фоточувствительность более чем на порядок, однако спектр поглощения пленок PbS при этом не изменяется.

В настоящее время фоторезисторы на основе халькогенидов свинца являются одними из самых перспективных приемников излучения в диапазоне спектра 2—7 мкм. При этом основные практически важные параметры, такие как вольт-ваттная чувствительность, удельная обнаружительная способность, оказываются прямо зависимыми от физических параметров тонких поликристаллических слоев: оптического поглощения, времени жизни неосновных носителей, концентрации основных носителей и т. д.

В ряде работ отмечалось, что спектральная зависимость фотопроводимости пленок PbS сдвинута в более коротковолновую область спектра по сравнению с монокристаллами [1]. Это может быть обусловлено, в частности, малой толщиной пленок $d < 1$ мкм. Однако в [1] высказано предположение, что сдвиг спектра фоточувствительности связан с изменением стехиометрии пленок по кислороду. Рентгеновский и электронно-графический анализ показал [2] наличие окислов PbO, PbO₂ и ланаркита PbO · PbSO₄, расположенных в основном вблизи поверхности пленок. Важным в связи с этим является вопрос об оптическом спектре поглощения полупроводниковой фазы, непосредственно определяющей фоточувствительность того сложного химического образования, которое обычно коротко называется химически осажденной пленкой PbS.

Важным и до конца неисследованным является вопрос о роли кислорода. Исследования профиля распределения компонентов и фаз по толщине пленки показали [3], что измененный слой, содержащий PbO · PbSO₄, PbO, лежит не более чем на 0,3 мкм от поверхности PbS. Количество PbO уже начиная с глубины ~0,1 мкм составляет 5—10 % от PbS даже для сильноотожженных образцов. Поэтому предполагается, что кислород или PbO сосредоточены в основном в прослойках, а в самих кристаллитах кислород создает акцепторную примесь. В связи с этим возникает вопрос о том, как будет влиять на оптические свойства пленок отжиг их в кислороде и вакууме. При этом технологически важен отжиг при низких температурах < 100 °С. Так же как и высокотемпературный, отжиг при низких температурах оказывает сильное влияние на величину фоточувствительности пленок PbS.

Измерения проводились на поликристаллических слоях PbS, полученных методом химического осаждения из раствора на кремниевые подложки с подслоем SiO₂. Золотые электроды наносились на подложку до осаждения пленки. Толщина пленки ~0,8 мкм, размеры фоточувствительной площадки 50 × 50 мкм. Образцы имели *p*-тип проводимости, концентрация носителей,

определенная по эффекту Холла, $\approx 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, холловская подвижность $\approx 1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.

Непосредственные измерения коэффициента поглощения поликристаллических пленок PbS затруднены из-за сильного рассеяния и интерференционных эффектов на многослойной структуре, которая представляет собой кремниевую подложку с подслоем SiO₂ и пленкой PbS. Поэтому коэффициент поглощения полупроводниковой фазы, определяющей фоточувствительность, находился по спектру фотопроводимости. Спектр фотопроводимости пленки PbS приведен на рис. 1. Температурная зависимость фотоувствительности пленок имеет вид кривой с максимумом. Для длин волн далеко от края поглощения в области больших энергий вид кривой $J_{\phi}(T)$ практически не зависит от длины волны света. Однако для длин волн в области края поглощения положение максимума кривой $J_{\phi}(T)$ зависит от длины волны света (рис. 2). Это обусловлено сильной температурной зависимостью ширины запрещенной зоны PbS. Нормируя кривые рис. 2 на интенсивность падающего света $I(\lambda)$, получим

$$\frac{J_{\phi}(\lambda, T)}{I(\lambda)} = e\alpha(\lambda, T)\gamma\tau(T)\mu(T)E,$$

$\tau(T)$ — время жизни неравновесных носителей, $\mu(T)$ — подвижность, E — поле, γ — квантовый выход.

При фиксированной температуре

$$\frac{J_{\phi}(\lambda, T)}{I(\lambda)} = \alpha(\lambda)\gamma \cdot \text{const.}$$

На рис. 3 приведены зависимости $\alpha(\lambda)\gamma$ от длины волны для двух температур, рассчитанные по кривым рис. 2. По зависимостям $\alpha(\lambda)\gamma$ определена ширина запрещенной зоны. При $T = 260 \text{ К}$ $E_g = 0,44 \text{ эВ}$, а при $T = 120 \text{ К}$ $E_g = 0,37 \text{ эВ}$. Температурный коэффициент ширины запрещенной зоны $dE_g/dT = 5 \cdot 10^{-4} \text{ эВ} \cdot \text{К}^{-1}$. Соответствующие значения для монокристалла PbS [4] таковы: $E_g = 0,41 \text{ эВ}$ для $T = 300 \text{ К}$, а $dE_g/dT = 4 + 5 \times 10^{-4} \text{ эВ} \cdot \text{К}^{-1}$. Значения E_g и dE_g/dT для пленок с точностью до десятых долей электронвольт совпадают со значениями для монокристаллов. Это позволяет сделать вывод о том, что за фотоувствительность пленок PbS ответственны кристаллиты с параметрами, близкими к монокристаллу.

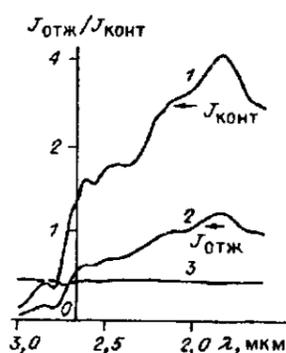


Рис. 1. Спектры фотоувствительности пленок PbS и их отношение, 200 К: 1 — до отжига; 2 — после отжига на воздухе при 80 °С, 8 ч; 3 — отношение спектров 1 и 2

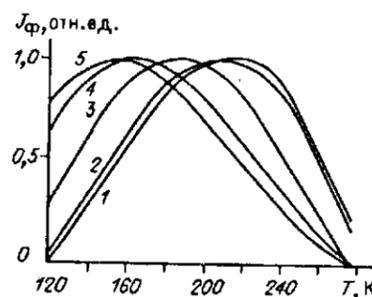
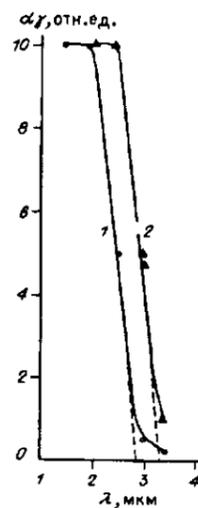


Рис. 2. Температурная зависимость фотопроводимости на разных длинах волн (мкм): 1 — 1,5; 2 — 2,0; 3 — 2,5; 4 — 2,8; 5 — 2,95

Рис. 3. Спектральная зависимость $\alpha\gamma$ (К): 1 — 260, 2 — 120

Отжиг образцов PbS производился на воздухе и в вакууме при температуре -80°C в течение времени от 1 до 24 ч. При этом обнаружено, что заметных изменений в спектре fotocувствительности не происходит, т. е. коэффициент α при низкотемпературном отжиге не изменяется. На рис. 1 показаны типичные спектры fotocувствительности образцов фотоспротивлений до и после отжига и их отношение. Видно, что даже при довольно сильном изменении величины fotocувствительности (до порядка и более) изменение ее одинаково на всех длинах волн в диапазоне 1,5—3,5 мкм. Это указывает на то, что причиной изменения величины fotocувствительности является изменение времени жизни фотовозбужденных носителей τ . Одновременно с fotocувствительностью изменяется и темновое сопротивление образцов, которое увеличивается в несколько раз.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spenser H. E. // Phys. Rev.—1959.—113.—P. 1417.
2. Верцнер В. Н., Соловьев А. М. Фотозлектрические и оптические явления в полупроводниках: Сборник.—Киев: АН УССР, 1959.
3. Ковалев А. Н., Манохин Ф. И., Пархоменко Ю. Н., Меньшикова О. Д. Профиль распределения компонентов в приповерхностном слое поликристаллических пленок сульфида свинца // Поверхность.—1987.—№ 11.
4. Равич Ю. И., Ефимова Н. А., Смирнов И. А. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS.—М.: Наука, 1968.

Поступила в редакцию 23 июня 1992 г.

УДК 535.215 : 535.241.13 : 537.228

В. А. Гусев, С. И. Деменко
(Новосибирск)

ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПВМС НА КРИСТАЛЛАХ СИЛЛЕНИТОВ

Описан способ направленного изменения спектрального фотоотклика кристаллов силленитов с целью смещения максимума в желто-зеленую область спектра. Приведена структура ПВМС типа ПРИЗ со смещенной спектральной чувствительностью, работающего на отражение; измерены основные характеристики модулятора.

Пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) являются составной частью оптических вычислительных систем. Однако существующие в настоящее время модуляторы не в полной мере удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Одна из проблем — низкое быстродействие, которое обусловлено слабой fotocувствительностью. Для улучшения этой характеристики можно использовать внешний усилитель, например, электронно-оптический преобразователь (ЭОП) или микроканальную пластину (МКП). Оптическое соединение ЭОП (ЭЛТ) с ПВМС подразумевает следующие аспекты: а) интенсивность свечения экрана прибора должна быть выше порога чувствительности ПВМС; б) необходимо спектральное согласование излучения экрана ЭОП (ЭЛТ) и чувствительности ПВМС.