

**УВЕЛИЧЕНИЕ КРАТНОСТИ ФОТООТВЕТА В СТРУКТУРАХ  
АМОРФНЫЕ ПЛЕНКИ  $As_4Se_3S_3$  – МЕЛКОДИСПЕРСНЫЙ СЛОЙ  
НА ОСНОВЕ ВАНАДИЯ И ЕГО ОКИСЛОВ**

**Владимир ПРИЛЕПОВ, Петр ГАШИН, Аркадий КИРИЦА, Олег КОРШАК,  
Дорин СПОЯЛЭ, Надежда НАСЕДКИНА**

*НИЛ фототермопластической записи*

În lucrare sunt prezentate particularitățile tehnologice de obținere a structurilor dispersate pe bază de vanadiu, inclusiv având suprafața ramificată (fractală). A fost stabilit că la depunerea peliculelor amorfe  $As_4Se_3S_3$  pe suprafețe fractale, multiplicitatea fotocurentului pentru această structură se mărește.

The technological peculiarities of fine-dyspersated vanadium based structures depositions including the ones with furcated (fractal) surfaces are given in this paper. It has been shown that the deposition of amorphous  $As_4Se_3S_3$  films onto fractal surfaces results in the increase of the photocurrent multiplicity for this structure.

### Введение

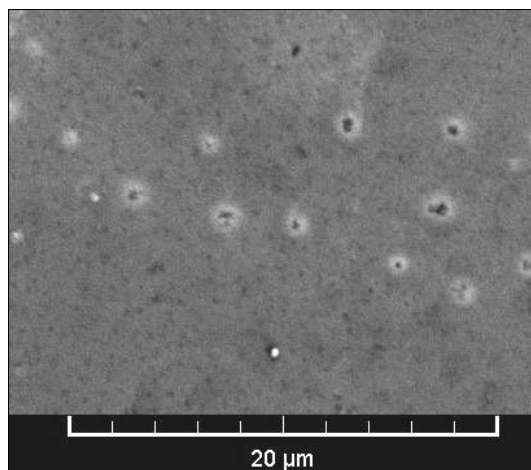
Тонкие пленки халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) нашли применение в голографии, электрофотографии и при фототермопластической записи (ФТПЗ) в качестве фоточувствительного слоя [1]. Улучшение характеристических параметров, таких как фоточувствительность, контрастность, не может быть связано с пластификацией ХСП за счет введения примесей ввиду сложной структуры стеклообразного материала. По-видимому, введение промежуточного слоя между подстилающим электродом и пленкой ХСП, у которого сопротивление в продольном направлении на много порядков больше сопротивления в поперечном направлении, уменьшит растекание заряда при ФТПЗ и, как следствие, приведет к увеличению не только чувствительности, но и разрешающей способности. На наш взгляд, в качестве промежуточного слоя можно использовать мелкодисперсные гранулированные структуры, необычные электрофизические свойства которых обусловлены малыми размерами проводящих гранул, наличием диэлектрической прослойки между ними и квантованием заряда [2]. В качестве промежуточного слоя нами использовались мелкодисперсные структуры на основе ванадия и его окислов, у которых продольное сопротивление на 6-8 порядков превышает поперечное [3]. В настоящее время большое внимание уделяется синтезу и модификациям микро- и наностержней из оксидов ванадия, см. например [4], но в известной нам литературе нет сообщений о мелкодисперсных структурах на основе ванадия.

### Эксперимент

Тонкие пленки мелкодисперсных структур на основе ванадия и его окислов создавались в несколько этапов с использованием групповых методов обработки современной микроэлектроники. В качестве подложек использовались стеклянные пластины с проводящим прозрачным покрытием ИТО ( $In_2O_3 + SnO_2$ ) толщиной 0,18-0,22  $\mu m$  и удельным поверхностным сопротивлением  $R_s = 36 \div 38 \Omega/\square$ . Перед напылением ванадия поверхность ИТО обрабатывалась как в структурном травителе (в 7% растворе  $K_2Cr_2O_7$  в серной кислоте), так и в полирующем, что приводило к увеличению поверхностного сопротивления слоя ИТО ( $R_s = 40 \div 42 \Omega/\square$ ) и образованию на нем точечных дефектов, наблюдаемых в металлмикроскопе. Слои ванадия напылялись методом термического испарения в вакууме с использованием электронного испарителя. Толщина полученных пленок ванадия варьировалась в пределах 25 – 40 nm, а их удельное поверхностное сопротивление составляло  $R_s = 1 \div 10 k\Omega/\square$ .

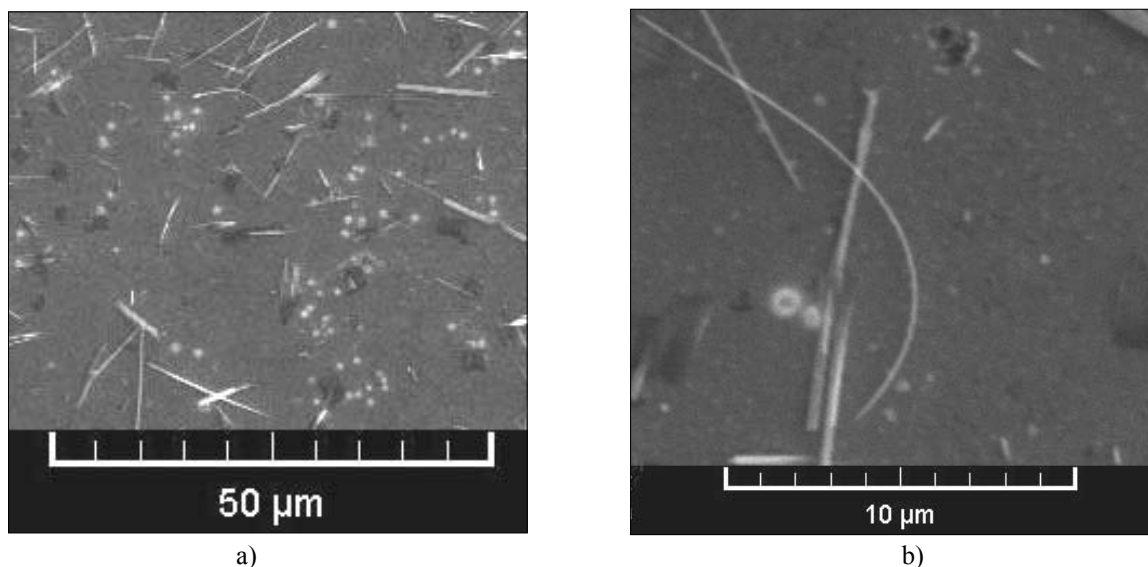
Использование специальных низкоэнергетических процессов обработки слоев ванадия позволяет перевести их в самоорганизованные открытые структуры типа металл-диэлектрик, которые после финишного термического отжига приобретают стабильное состояние. Получаемые слои представляют собой диэлектрическую матрицу с равномерно распределенными в ней проводящими кластерами с управляемыми электрофизическими параметрами, стабильными во времени.

Кинетика изменения морфологии поверхности мелкодисперсных структур на основе ванадия, в зависимости от температуры финишной обработки, оценивалась на растровом микроскопе Vega Tescan. При температуре отжига 285 °C на поверхности самоорганизованной структуры образуются конгломераты, рис.1.



**Рис.1.** Морфология поверхности мелкодисперсных структур на основе ванадия после финишного отжига при  $T=285^{\circ}\text{C}$ .

Отжиг при температуре свыше  $340^{\circ}\text{C}$  делает поверхность фрактальной, с образованием “усов” размерами 8-14  $\mu\text{m}$  (рис.2а) и более сложных структур, фрагмент которых показан на рис.2б.



**Рис.2.** а) Морфология поверхности мелкодисперсных структур на основе ванадия после финишного отжига при  $T=360^{\circ}\text{C}$ ; б) Увеличенный фрагмент предыдущей поверхности.

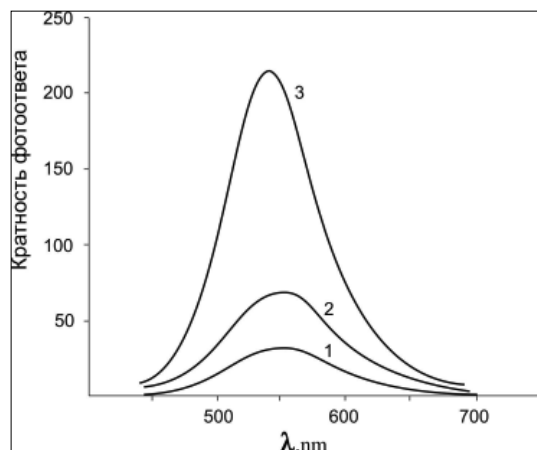
Если перед созданием мелкодисперсной структуры поверхность ИТО обработать в полирующем травителе (30% водный раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ), то на освеженной поверхности ИТО дефекты не обнаруживаются и удельное поверхностное сопротивление уменьшается. Напыление ванадия на бездефектные слои ИТО и последующие термические обработки слоев ванадия по разработанной технологии не приводят к созданию фрактальной поверхности, а ведут к образованию мелкодисперсных слоев с зеркальной поверхностью.

Полученные стеклянные подложки с ИТО и мелкодисперсным слоем использовались для нанесения тонких пленок  $\text{As}_4\text{Se}_3\text{S}_3$ . С этой целью был применен метод термического испарения в вакууме из испарителя открытого типа. Активация поверхности испарителя обеспечивает в выбранной области температур преимущественно пузырьковый механизм испарения, что приводит к постоянству электрофизических параметров тонких пленок  $\text{As}_4\text{Se}_3\text{S}_3$  [5]. Параметры полученных слоев ХСП оценивались по спутнику и составляли  $\rho_m = 3,7 \cdot 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ ; кратность фотоответа  $K=7,3$  при  $E=0,61\text{x}$ .

Основным характеристическим параметром структуры ИТО – мелкодисперсный слой – пленка  $\text{As}_2\text{Se}_3$  выбрана кратность фотоответа как отношение значений темнового сопротивления к световому [6], так как именно эта характеристика в первую очередь ответственна за образование скрытого электростатического изображения при ФТПЗ.

При исследовании спектрального распределения кратности фотоответа структуры ИТО – мелкодисперсная структура –  $As_2Se_3$  в качестве верхнего электрода использовался алюминиевый контакт с подслоем хрома.

На рис.3 представлены спектральные характеристики кратности фотоответа структур  $As_4Se_3S_3$ , осажженных на чистый слой ИТО (кривая 1), на мелкодисперсный слой с зеркальной поверхностью (кривая 2) и фрактальной поверхностью (кривая 3).



**Рис.3.** Спектральное распределение кратности фотоответа структуры:

1. ИТО –  $As_4Se_3S_3$ .
2. ИТО – мелкодисперсный слой с зеркальной поверхностью –  $As_4Se_3S_3$ .
3. ИТО – мелкодисперсный слой с фрактальной поверхностью –  $As_4Se_3S_3$ .

Из сравнения характеристик видно, что кратность фотоответа при использовании мелкодисперсного слоя с зеркальной поверхностью (кривая 2) выше, чем без промежуточного слоя (кривая 1). В структуре ИТО – мелкодисперсный слой с фрактальной поверхностью –  $As_4Se_3S_3$  наблюдается максимальная кратность фотоответа (кривая 3), что можно связать с рассеянием светового потока на границе раздела мелкодисперсный слой – ХСП. При этом максимум спектральной характеристики кратности фотоответа смещается с 575 нм до 560 нм и сужается ширина полумаксимума по отношению к структуре без промежуточного слоя.

### Выводы

Использование мелкодисперсных пленок на основе ванадия и его окислов в качестве промежуточного слоя приводит к увеличению кратности фотоответа структуры ИТО – мелкодисперсный слой – пленка  $As_4Se_3S_3$  практически на порядок.

### Литература:

1. Панасюк Л.М. Тезисы докладов на Международном конгрессе по высокочувствительной фотографии и фотонике. – Москва, 1980, с.318.
2. Медведев Ю., Гришин А. // ФТТ. – 2001. – Т.43. – В.5. – С.900-905.
3. Гашин П.А., Прилепов В.Д., Спялэ Д.М. // Studia Universitatis. Chisinau. – 2007. – Nr.7. – P.277-279
4. Сидоров А.И., Виноградова О.П., Любимов В.Ю, Нашекин А.В. // Письма в ЖТФ. – 2008. – Т.34. – В.3. – С.90-94.
5. Prilepov Vladimir, Neamtu Sevastian, Corșac Oleg. // "Evaporator". Patent RM 3627, 23.02.2009
6. Загоруйко Ю.А., Коваленко Н.О., Федоренко О.А., Федоров А.Г., Матейченко П.В. // Письма в ЖТФ. – 2007. – Т.33. – В.4. – С.51-57.

Prezentat la 28.10.2009