

06:07

## Влияние мелкодисперсных слоев на основе ванадия на кратность фотоответа в структурах с аморфными пленками $As_2Se_3$

© В.Д. Прилепов, П.А. Гашин, А.Б. Кирица, Д.М. Споялэ

Молдавский государственный университет,  
MD-2009 Кишинев, Молдавия  
e-mail: comrovx@usm.md

(Поступило в Редакцию 23 сентября 2009 г.)

Представлены технологические особенности получения мелкодисперсных структур на основе ванадия, в том числе с разветвленной (фрактальной) поверхностью. Показано, что при нанесении аморфных пленок  $As_2Se_3$  на полученные фрактальные поверхности кратность фотоответа данной структуры увеличивается.

Тонкие пленки халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) нашли применение в голографии, электрофотографии и при фототермопластической записи (ФТПЗ) в качестве фоточувствительного слоя [1]. Увеличение характеристических параметров, таких как фоточувствительность, контрастность, не может быть связано с пластификацией ХСП за счет введения примесей вследствие 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 характеристических параметров. По мнению авторов, 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 оксидов, 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, например [4], но в известной авторам литературе нет сообщений о мелкодисперсных структурах на основе ванадия.

Тонкие пленки мелкодисперсных структур на основе ванадия и его оксидов 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  $R_s = 36–38 \Omega/\square$ . Перед напылением ванадия поверхность ИТО обрабатывалась в 7%-ном растворе  $K_2Cr_2O_7$  в серной кислоте, что приводило к увеличению поверхностного сопротивления слоя ИТО ( $R_s = 40–42 \Omega/\square$ ) и образованию на нем точечных дефектов, наблюдаемых в металлмикроскопе. Слои ва-

надия напылялись методом термического испарения в вакууме с использованием электронного испарителя. Толщина полученных пленок ванадия варьировалась в пределах от 25 до 40 nm, а их удельное поверхностное сопротивление составляло  $R_s = 1–10 k\Omega/\square$ .

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  $285^\circ C$  на поверхности самоорганизованной структуры образуются конгломераты (рис. 1). Отжиг при температуре свыше  $340^\circ C$  делает поверхность фрактальной с образованием „усов“ размером  $8–14 \mu m$  (рис. 2, а)

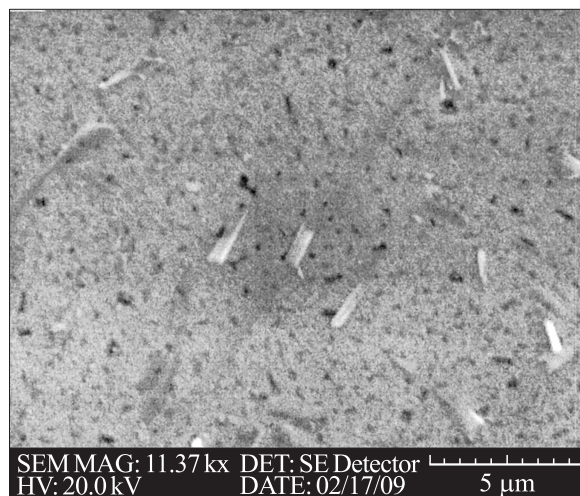
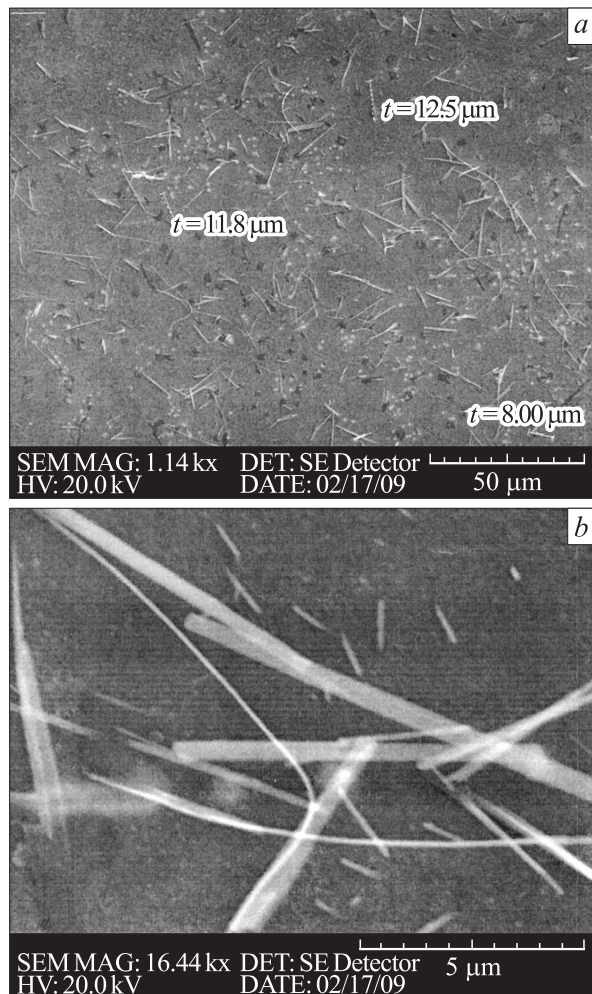


Рис. 1. Морфология поверхности мелкодисперсных структур на основе ванадия после финишного отжига при  $T = 285^\circ C$ .



**Рис. 2.** *a* — морфология поверхности мелкодисперсных структур на основе ванадия после финишного отжига при  $T = 360^\circ\text{C}$ ; *b* — увеличенный фрагмент предыдущей поверхности.

и более сложных структур, фрагмент которых показан на рис. 2, *b*.

Если перед созданием мелкодисперсной структуры поверхность ИТО обработать в полирующем травителе (30%-ный 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 приводят к образованию мелкодисперсных слоев с зеркальной поверхностью.

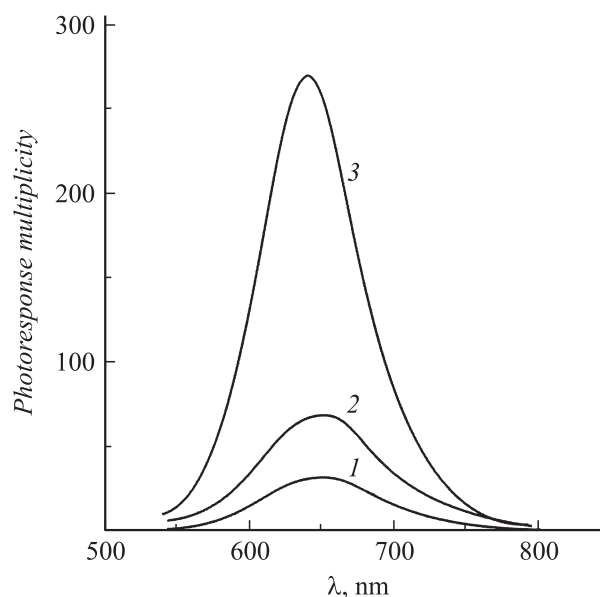
Полученные стеклянные подложки с ИТО и мелкодисперсным слоем использовались для нанесения тонких пленок  $\text{As}_2\text{Se}_3$ . С этой целью был применен метод термического испарения в вакууме из испарителя открытого типа. Активация поверхности испарителя обеспечивает в выбранной области значений температуры пре-

имущественно пузырьковый механизм испарения, что приводит к постоянству электрофизических параметров тонких пленок  $\text{As}_2\text{Se}_3$  [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  $E = 0.6 \text{ lx}$ .

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– $\text{As}_2\text{Se}_3$  в качестве верхнего электрода использовался алюминиевый контакт с подслоем хрома.

На рис. 3 представлено спектральное распределение кратности фотоответа структур  $\text{As}_2\text{Se}_3$ , осажденных на чистый слой ИТО (кривая 1), на мелкодисперсном слое с зеркальной поверхностью (кривая 2) и фрактальной поверхностью (кривая 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– $\text{As}_2\text{Se}_3$  наблюдается максимальная кратность фотоответа (кривая 3), что можно связать с рассеянием светового потока на границе раздела мелкодисперсный слой–триселенид мышьяка. При этом максимум спектральной характеристики кратности фотоответа смещается с 652 до 636 nm и уменьшается



**Рис. 3.** Спектральное распределение кратности фотоответа структуры: 1 — ИТО– $\text{As}_2\text{Se}_3$ , 2 — ИТО–мелкодисперсный слой с зеркальной поверхностью– $\text{As}_2\text{Se}_3$ , 3 — ИТО–мелкодисперсный слой с фрактальной поверхностью– $\text{As}_2\text{Se}_3$ .

ширина полумаксимума по отношению к структуре без промежуточного слоя.

Использование мелкодисперсных пленок на основе ванадия и его окислов в качестве промежуточного слоя приводит к увеличению кратности фотоответа структуры ИТО–мелкодисперсный слой–пленка  $As_2Se_3$  практически на порядок.

## Список литературы

- [1] *Панасюк Л.М.* // Тез. докл. Междунар. конгр. по высокочувствительной фотографии и фотонике. М., 1980. С. 318.
- [2] *Медведев Ю., Гришин А.* // ФТТ. 2001. Т. 43. Вып. 5. С. 900–905.
- [3] *Гашин П.А., Прилепов В.Д., Спялэ Д.М.* // Studia Universitatis. Chisinau. 2007. N 7. P. 277–279.
- [4] *Сидоров А.И., Виноградова О.П., Любимов В.Ю., Нацекин А.В.* // Письма в ЖТФ. 2008. Т. 34. Вып. 3. С. 90–94.
- [5] *Prilepov V., Neamtu S., Corşac O.* 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. Вып. 4. С. 51–57.