

УДК 66.085.3, 66.087.7

## ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ДИСПЛЕЙНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ

Ю.В. ТИМОШКОВ, В.И. КУРМАШЕВ\*, А.А. САКОВА, В.Ю. ТИМОШКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*\*Минский Институт Управления, Лазо, 12, г. Минск, 220102, Беларусь*

*Поступила в редакцию 21 июля 2014*

Рассмотрены технологии электроосаждения наноструктурированных покрытий для решения проблем наноформирования сложных современных оптических систем. Описывается получение пленок на основе различных металлов и их соосаждение с частицами дисперсной фазы. Исследованы особенности заполнения наноразмерных окон, а также влияние технологических режимов на свойства полученных покрытий. Описаны перспективы применения этих материалов и технологий в современных комплексных системах, таких как голографические матрицы, поляризаторы, оптические функциональные слои, фазовые пластины (Optical Retarders), микрооптоэлектромеханические системы (МОЭМС).

*Ключевые слова:* МОЭМС, подвижные микроэлементы, оптические системы, трибология, нанокпозиционные материалы, nanotrench filling.

### Введение

В современных дисплейных и оптических устройствах, таких как LCD, OLED-, PLED-дисплеи, важную роль играет формирование различных структур, в том числе микро- и наноразмерных. Формирование функциональных структур достигается благодаря использованию таких технологий как roll-to-roll, nanoimprint, nanotrench filling, что позволяет получать системы управления световыми потоками [1].

### Технология наноформирования межсоединений интегрированных оптических устройств

Бездефектное покрытие поверхностей со сложным наноразмерным рельефом является ключевым моментом при создании поляризаторов, оптических функциональных слоев, фазовых пластин и других оптических элементов [2]. С целью повышения качества таких сложных наноразмерных структур разработана nanotrench filling технология бездефектного заполнения канавок, глубиной до 730 нм и шириной – 140–200 нм. На полупроводниковую пластину со сложной нанометровой конфигурацией методом ионно-лучевого распыления нанесен специальный подслой, толщиной 300–600 Å. Формирование этого подслоя необходимо для обеспечения хорошей адгезии, а также проводимости для последующей операции электрохимического осаждения функциональных материалов. Было проведено электрохимическое осаждение никеля, меди (рис. 1), а также сплава на основе кобальта (рис. 2). Как видно на SEM-фотографиях поперечного сечения полупроводниковых пластин, с использованием данной технологии были получены образцы, в которых отсутствовали такие типичные дефекты как поры, стыки и повышенная зернистость. Высокое качество полученных покрытий позволяет использовать данную технологию для заполнения наноканавок как диэлектрических, так и металлических решеток в составе фазовых пластин и поляризаторов [3, 4].

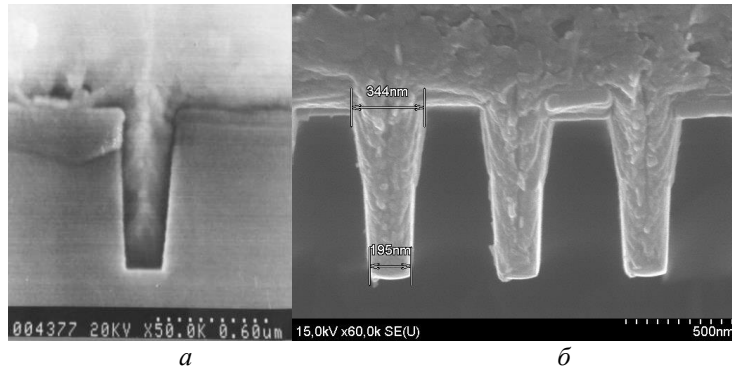


Рис. 1. SEM фотографии поперечного сечения пластины с канавками шириной 180 нм, заполненными медью (а) и шириной 195 нм, заполненными сплавом на основе никеля (б)

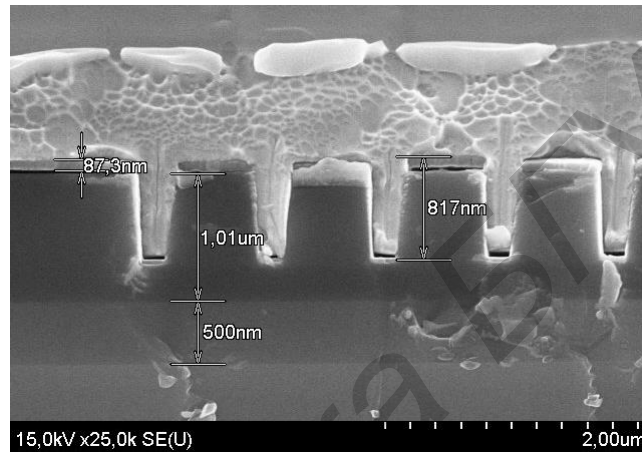


Рис. 2. SEM фотография поперечного сечения полупроводниковой пластины с канавками шириной 150 нм, заполненными сплавом на основе кобальта

### Применение наноконпозиционных материалов для повышения надежности подвижных элементов микрооптомеханических систем

Экспериментально исследован процесс электрохимического соосаждения наноконпозиционных материалов на основе никеля, кобальта и хрома с инертными наночастицами ультрадисперсного алмаза (УДА), оксида алюминия, моногидроксида алюминия, нитрида бора. Размеры частиц дисперсной фазы изменялись от 7 до 50 нм при толщинах полученного наноконпозиционного покрытия от 5 до 100 нм. По сравнению с гомогенными структурами микротвердость полученных покрытий возросла на 20–80 %, износостойкость увеличилась в 4 раза, коэффициент трения снизился в 2 раза. Как видно из рис. 3, наночастицы равномерно распределены как на поверхности, так и в объеме наноконпозиционного покрытия.

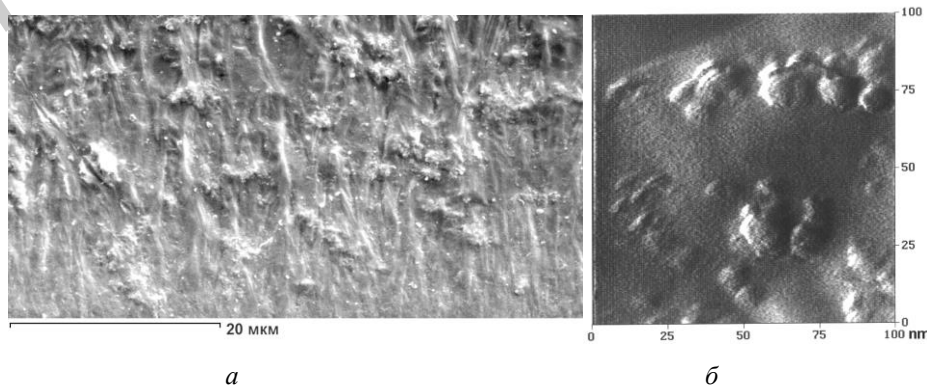


Рис. 3. SEM фотография поперечного сечения (а) и AFM фотография поверхности композиционного никелевого покрытия (б)

Данная технология представляет собой наиболее перспективный способ решения проблемы надежности механических компонентов (рис. 4) МОЭМС, таких как массивы подвижных микрзеркал, оптические затворы, МОЭМС-актюаторы и др [5, 6].

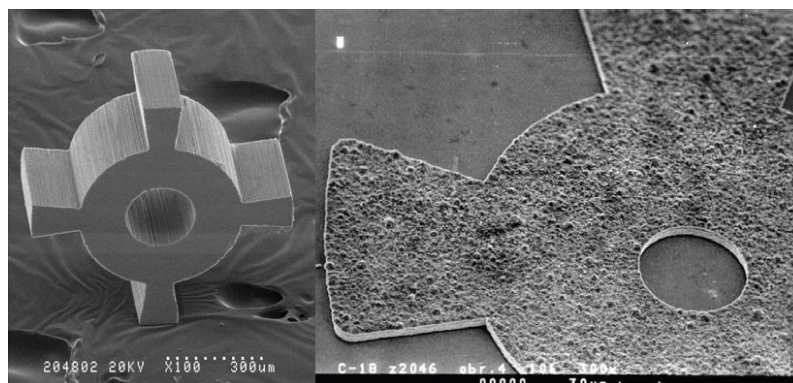


Рис. 4. Подвижные элементы МЭМС на основе композиционного никеля

### Наноконпозиционные материалы для roll-to-roll технологии

Roll-to-roll технология является одной из самых перспективных для массового производства прецизионных структур и изделий. В процессе вращения (формования) барабан с рабочей матрицей механически взаимодействует (вдавливается) с фольгой функциональных слоев второго барабана. Механические свойства рабочей матрицы в значительной степени определяют ее тиражестойкость и, в конечном счете, эффективность производства, конечную цену изделий. Осаждение тонких защитных покрытий и модификация рабочей матрицы для улучшения трибологических свойств контактирующих поверхностей являются эффективными путями достижения повышенных эксплуатационных свойств структур. Покрытия и материал рабочей матрицы сформировались путем совместного электрохимического осаждения металлической матрицы с мелкодисперсными инертными частицами. Ввиду высокой выравнивающей способности электролита частицы не встраиваются в поверхностный, контактирующий с фольгой слой, распределяются преимущественно в объеме фольги. При этом не вносятся искажения в структуру дифракционных голографических решеток, а наноконпозиционный материал препятствует необратимым пластическим деформациям матриц и, соответственно, точному воспроизведению геометрии оттиска на фольге (рис. 5).

Таким образом, получены голографические рабочие матрицы на основе композиционного никеля и хрома для применения в roll-to-roll и nanoimprint технологиях. Использование композиционных материалов позволило повысить их тиражестойкость в 2–3 раза (до 6500–6750 м) по сравнению с обычными матрицами [7, 8].

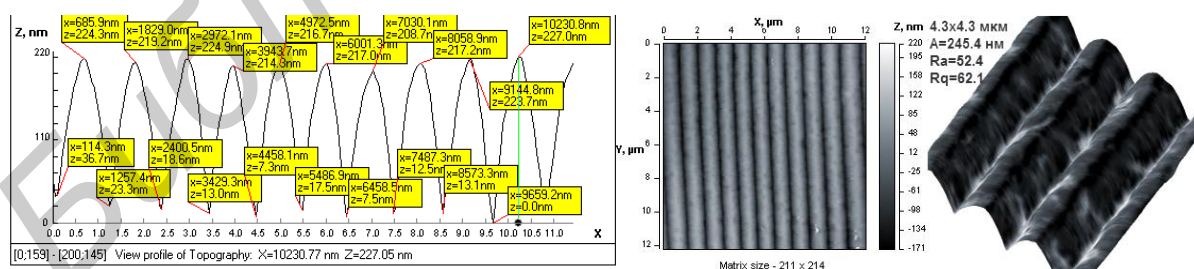


Рис. 5. Рельеф и 3D-изображение образцов матрицы на основе никеля

### Заключение

Описаны перспективы применения технологии электрохимического осаждения наноконпозиционных и наноструктурированных материалов в современных устройствах и системах. Использование описанных технологий в таких системах как LCD, OLED-, PLED-дисплеи, MOEMS, мастер-матрицы для roll-to-roll и nanoimprint технологий позволяет повысить качество и надежность конечных продуктов и делает возможным их промышленное изготовление.

# TECHNOLOGIES OF NANOSIZED STRUCTURES FOR DISPLAY AND OPTICAL APPLICATIONS

I.V. TIMOSHKOV, V.I. KURMASHEV, A.A. SAKOVA, V.I. TIMOSHKOV

## Abstract

The electroplating technology of composite nanostructured coatings for advanced optical systems is described. Preparation of patterned profiles and substrates by codeposition process with inert nanoparticles is represented. Trenches coated with nanocomposite materials are investigated, as well as the influence of technological conditions on the properties of the coatings. The prospects of these materials and technologies for advanced applications such as roll-to-roll technology (holographic matrixes), nanoimprint, optical retarders and nanograting, polarizers, functional optical layers, microoptoelectromechanical systems are considered.

## Список литературы

1. *Timoshkov I., Kurmashev V., Timoshkov V.* // Nanocomposites. 2011. P. 73–88.
2. *Jian (Jim) Wang, Xuegong Deng, Paul Sciortino, et. al* // Nanoengineering: Fabrication, Properties, Optics, and Devices II. Proceedings of SPIE. 2005. Vol. 5931. P 96–108.
3. The National Research Council Institute for Fuel Cell Innovation: Composite coatings for solid oxide fuel cell interconnects. – [Electronic resource]. – Available online: <http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/obj/ifci-iipc/doc/fs-interconnect-en.pdf>. – Access date: 30.06.2014.
4. *Tsukimoto S., Ito K., Murakami M.* // Advanced nanoscale ULSI interconnects: fundamentals and applications. 2009. P. 131–143.
5. *Jiang K.* // Cutting-edge nanotechnology. 2010. P. 391–411.
6. *Teh K-S., Cheng Y-T., Lin L.* // J. of Micromechanics and Microengineering. 2005. Vol. 15. № 12. P. 2205–2215.
7. *Schwartz E.* Roll to roll processing for flexible electronics. USA, 2006.
8. *Parent F., Hamel J.* Web and roll performance characterization: a better way to ensure good runability in pressroom. Point Claire, QC, 2008.