

**А.А. Хмыль<sup>1</sup>, Н.Н. Федосенко<sup>2</sup>, В.Г. Шолох<sup>2</sup>, А.Н. Купо<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Беларусь**

**<sup>2</sup> УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Беларусь**

## **ЛАЗЕРНОЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СЕРЕБРА НА МЕДНЫЕ ПОДЛОЖКИ**

Метод лазерного электрохимического осаждения является одним из наиболее перспективных для разработки технологий формирования микроэлектронных устройств [1]. Основные его преимущества заключаются в локальности воздействия. Селективность лазерного электрохимического осаждения позволяет применять этот метод в процессах локального безмасочного осаждения и травления токопроводящих элементов печатных плат, селективного формирования контактных площадок микросхем. Воздействие лазерного излучения в процессе осаждения покрытия может существенно изменить его свойства. Поэтому основной задачей исследования является изучение влияния лазерного излучения на свойства электрохимического покрытия.

В работе использовался лазер LS-2137U на алюмо-иттриевом гранате, работающий в импульсном режиме, длина волны излучения 532 нм. При формировании серебряных покрытий на меди использовался ферроцианидный электролит серебрения [2]. Образцы электрохимических серебряных покрытий на меди были получены при следующих значениях технологических параметров: энергия лазерного излучения в импульсе составляла 448 мДж, длительность импульса –  $6 \cdot 10^{-9}$  с, частота следования импульсов – 10 Гц, напряжение на электродах – 4 В. Исследования проводились в диапазоне от 200 до 400 импульсов.

Чтобы проанализировать возможность протекания фотохимических реакций в электролите, при воздействии лазерного излучения, были зарегистрированы спектры поглощения в видимой области спектра исходного электролита и электролита, подвергнувшегося воздействию лазерного излучения в процессе электрохимического осаждения. Спектры поглощения, представленные на рисунке 1, были зарегистрированы на спектрофотометре СФ-46 в пределах длин волн от 420 до 800 нм: (1) – исходный ферроцианидный электролит; (2) –

электролит после воздействия на него 200 импульсов лазерного излучения; (3) – электролит после воздействия на него 400 импульсов лазерного излучения.

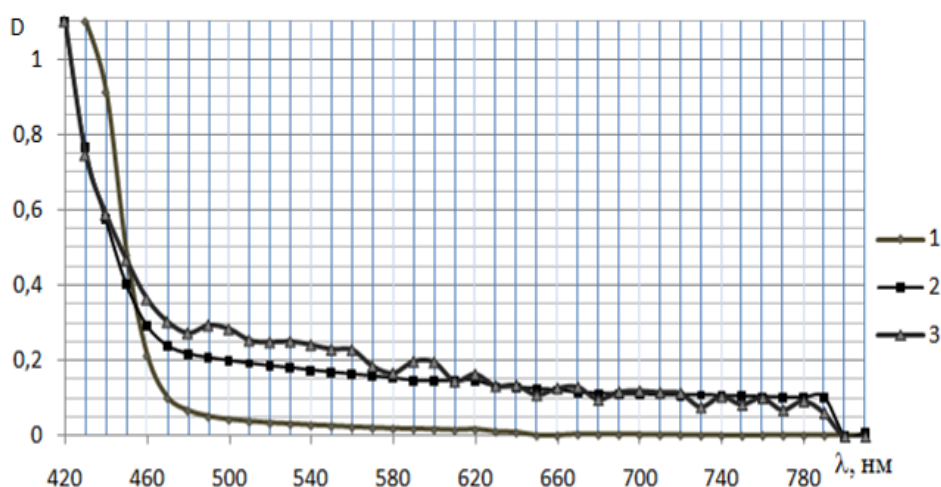


Рисунок 1 – Спектр поглощения ферроцианидного электролита

Из приведённых зависимостей оптической плотности от длины волны следует, что поглощательная способность используемого электролита возрастает при увеличении времени лазерного воздействия. Этот факт свидетельствует о том, что в процессе электрохимического осаждения при лазерном воздействии в электролите протекают фотохимические процессы, приводящие к диссоциации цианидных комплексов и, как следствие, к увеличению концентрации ионов серебра [2].

Таблица 1 – Статистические величины кристаллитов серебряного покрытия на медной подложке

Статистические величины	Воздействие 200 импульсов лазерного излучения		Воздействие 400 импульсов лазерного излучения	
	Вне зоны ЛО	В зоне ЛО	Вне зоны ЛО	В зоне ЛО
Максимальная высота (нм)	477,6	395,3	492,9	228,1
Средняя высота (нм)	293,2	219,6	228,4	88,6
Угол $\theta$ (°)	3,2	1,4	2,6	1,3

Методом атомно-силовой микроскопии исследована структура поверхности полученных серебряных осадков. Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что максимальная и средняя высота шероховато-

сти поверхности серебряного покрытия, полученного при воздействии от 200 до 400 импульсов лазерного излучения в зоне локального осадка (ЛО) меньше, чем в области электрохимического фона. Угол  $\theta$  между перпендикуляром, проведённым к поверхности покрытия, и нормалью к грани кристаллита за пределами локального осадка больше, чем в его пределах. Среднеквадратичное значение неровности высоты в зоне локального осадка ниже, чем за его пределами.

Приведенные данные показывают, что кристаллическая структура серебряного покрытия, полученного при воздействии большего количества импульсов лазерного излучения, в зоне локального осадка характеризуется улучшенными параметрами по сравнению с покрытиями, полученными при воздействии 200 импульсов лазерного излучения.

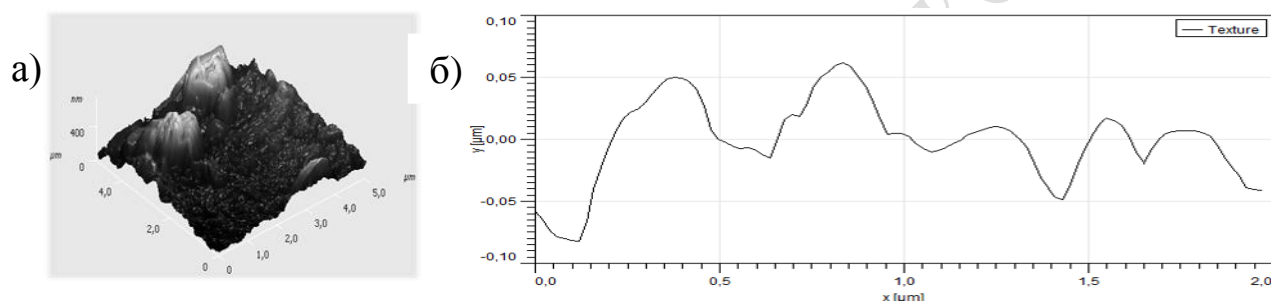
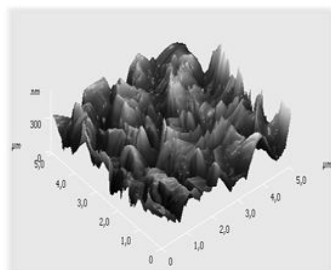


Рисунок 2 – Трёхмерное изображение (а) и профиль поверхности (б) покрытия серебра в зоне локального осадка (400 импульсов)

На рисунках 2 и 3 приведены профили поверхности и трёхмерное изображение покрытия серебра вне и в зоне локального осадка, полученного при воздействии 400 импульсов.

Из рисунка 2 видно, что в зоне локального осадка кристаллиты расположены плотнее и имеют более равномерную сглаженную форму, чем за его пределами (рисунок 3). Это свидетельствует о том, что покрытие в зоне локального осадка имеет более плотноупакованную поликристаллическую структуру, что должно обеспечивать увеличение проводимости и улучшение триботехнических характеристик. Лазерная стимуляция в процессе электрохимического осаждения обеспечивает условия формирования покрытия с более совершенной структурой.

В зависимости от длительности воздействия лазерного излучения наблюдаются некоторые отличия в структуре серебряных покрытий, т. е. при увеличении времени осаждения электрофизические характеристики осадков улучшаются.



а)

б)

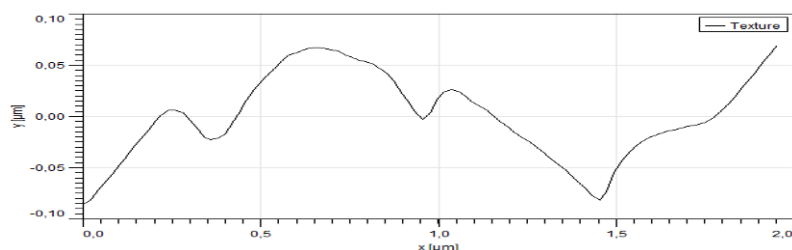


Рисунок 3 – Трёхмерное изображение (а) и профиль поверхности (б) серебряного покрытия вне зоны локального осадка (400 импульсов)

Исследована микротвёрдость указанных электрохимических покрытий, полученных при 200 и 400 импульсах лазерного излучения, значения которой в зоне локального осадка составили 0,18 ГПа и 0,21 ГПа, а вне зоны – 0,15 ГПа и 0,18 ГПа. Показано, что микротвёрдость электрохимических покрытий в зоне локального осадка выше, чем за его пределами независимо от времени лазерного воздействия, что согласуется с результатами исследования топологии.

Полученные данные подтверждают изложенные выше предположения о том, что воздействие лазерного излучения обуславливает формирование более плотной поликристаллической структуры, обеспечивая более высокие механические и электрические свойства осадков серебра на медных подложках.

### Литература

1. Хмыль, А.А. Влияние лазерного излучения при локальном формировании тонких плёнок электрохимическим методом / А.А. Хмыль, В.А. Емельянов, А.В. Шапчиц, В.Г. Шолох, Н.Н. Федосенко // Журнал прикладной спектроскопии. – 1996. – Т. 63, № 3. – С. 506–509.
2. Рогачев, А.В. Влияние лазерного излучения на спектральные свойства цианидного электролита серебрения. / А.В. Рогачев, Н.Н. Федосенко, В.Г. Шолох, А.Н. Купо // Сб. науч. трудов IV междунар. науч.-техн. конф. «Материалы, технол. и обор. в производстве, ремонте и модерн. машин». – Новополюцк: УО «ПГУ», 2007. – Т. 1. – С. 67–69.