

**Таблица 1 – Значения проводимости электролитов при 25°C.**

Материал	$\sigma_{\text{общ}}, \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$
$\text{Li}_{1.6}\text{Al}_{0.6}\text{Ge}_{1.4}(\text{PO}_4)_3$ керамика	$3.8 \times 10^{-4}$
$\text{Li}_{1.6}\text{Al}_{0.6}\text{Ge}_{1.4}(\text{PO}_4)_3$ пленка (15% ПВДФ)	$2.9 \times 10^{-4}$
$\text{Na}_3\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{PO}_4)$ керамика	$3.6 \times 10^{-4}$
$\text{Na}_3\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{PO}_4)$ пленка (15 % ПВДФ)	$1.7 \times 10^{-4}$

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Москвы (проект № 15-38-70042).*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Fergus J. W. Ceramic and polymeric solid electrolytes for lithium-ion batteries / J. Power Sources. 2010. 195. 4554 – 4569.
- 2 Hong H.Y.P. / Mater. Res. Bull. 1976. 11. 173–182.
- 3 Kotobuki M., Koishi M. / Ceramics International. 2015. 41. 8562 - 8567.
- 4 Kunshina G. B., Bocharova I. V., Lokshin E. P. / Inorganic Materials. 2016. 52. 279 –284.
- 5 Naqash S., Ma Q., Tietz F., Guillon O. / Solid State Ionics. 2017. 302. 83-91.

УДК 621.793

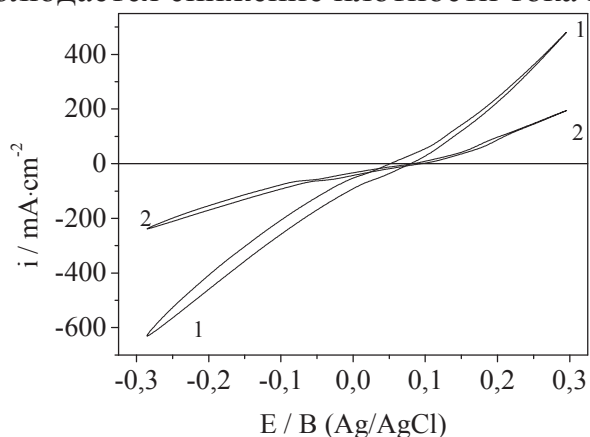
С.В. Ковалёв, доц., канд. хим. наук;  
 А.А. Косолапов, асп.; О.Б. Гирин, проф., д-р техн. наук  
 ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина

#### **ВЛИЯНИЕ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ И СТРУКТУРУ МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Известны данные о влиянии сильного магнитного поля (индуктивностью 0,1-0,5 Т) на величину зерен и твердость медных электроосаждаемых покрытий [1,2]. Согласно данным [3,4], существенного изменения структуры и, соответственно, свойств медных электропокрытий можно добиться, применяя достаточно сильные магнитные поля (до 10 Т). Учитывая отрицательную нагрузку на окружающую среду при использовании сильных магнитных полей, представляло интерес исследовать возможность влияния очень слабых магнитных полей (величиной индуктивности менее 1 мТ) на процесс электроосаждения и структуру медных покрытий.

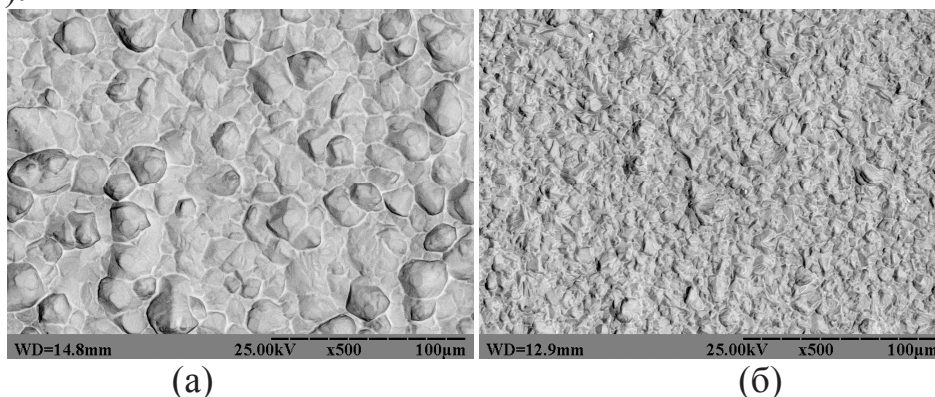
Электроосаждение меди проводили в электролите состава (моль/л):  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  - 0,8 и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  - 0,4 при температуре  $25^\circ\text{C}$  и плотности тока  $10 \text{ mA/cm}^2$ . Ячейку помещали, согласно способу [5], в постоянное магнитное поле с индуктивностью равной 0,4 мТ.

Циклические вольтамперограммы (ЦВА), полученные на платиновом электроде (рис. 1), показали, что при наложении слабого магнитного поля наблюдается снижение плотности тока процесса.

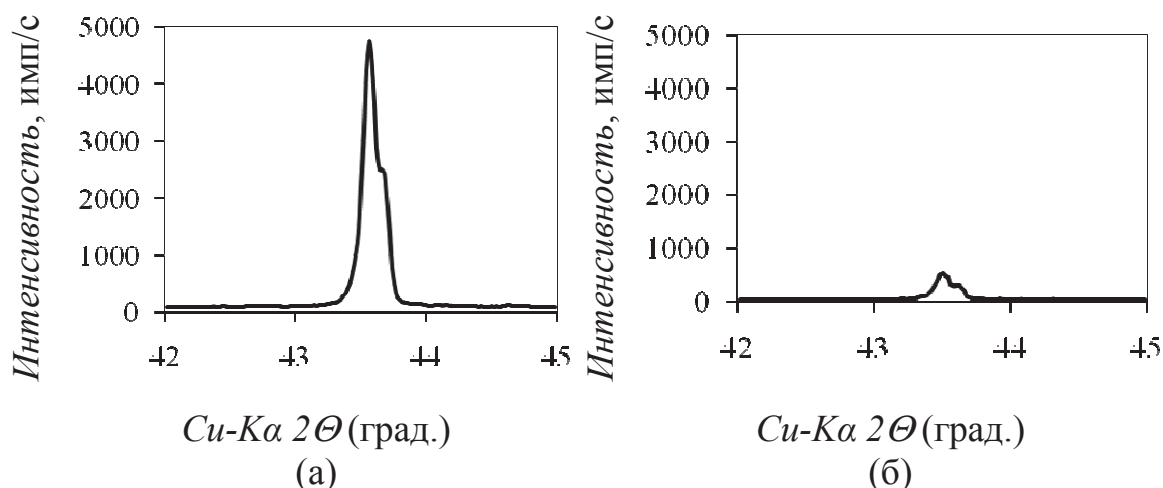


**Рисунок 1 – ЦВА в растворе  $\text{Cu}^{2+}$  при скорости развёртки потенциала 50 мВ/с без использования магнитного поля (1) и в магнитном поле индуктивностью 0,4 мТ (2)**

Как свидетельствует анализ SEM изображений поверхности медных электропокрытий (рис.2), при наложении магнитного поля резко изменяется морфология осажденных слоев. Так, покрытие, полученное в отсутствие магнитного поля (рис. 2а), отличается наличием более крупных зеренных агрегатов. Полученные же в магнитном поле покрытия (рис. 2б) характеризуются более мелкозернистой структурой, в пользу чего свидетельствует уширение рентгеновских максимумов (111) и (222) и значительное ослабление их интенсивности (рис.3).



**Рисунок 2 – SEM изображения медных электропокрытий, полученных в отсутствие магнитного поля (а) и в магнитном поле индуктивностью 0,4 мТ (б)**



**Рисунок 3 – Кривые распределения интенсивности в дифракционных рентгеновских максимумах {111} медных покрытий, электроосажденных в отсутствии магнитного поля (а) и в магнитном поле индуктивностью 0,4 мТ (б)**

Таким образом, слабое магнитное поле, индуктивностью 0,4 мТ, созданное вокруг ячейки, в которой проводится электролиз, влияет на процесс электроосаждения и структуру образующихся медных покрытий. Применение магнитного поля, с низкой индуктивностью, является перспективным направлением электрохимической технологии, целью которого является улучшение свойств электропокрытий с исключением добавок поверхностно-активных веществ в электролиты, что сделает электрохимию более безопасной для окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fattahi A. Investigating the effect of magnetic field on pulse electrodeposition of magnetic and non-magnetic nanostructured metals / A. Fattahi, M.E. Bahrololoom // *J. Surface & Coatings Technology*. – 2015. – № 261. – P. 426–435.
2. Kristina Tschulik. Effects of well-defined magnetic field gradients on the electrodeposition of copper and bismuth / Kristina Tschulik, Jakub Adam Koza, Margitta Uhlemann, Annett Gebert, Ludwig Schultz // *J. Electrochemistry Communications*. – 2009. – № 11. – P. 2241–2244.
3. Горленко Н.П., Мокроусов М.Г. Движение электролита и выделение металла в условиях воздействия электрического и магнитного поля / Н.П. Горленко, М.Г. Мокроусов // *Известия Томского политехнического университета*. – 2003. – № 6. – С. 81-84.
4. Noninski V. C. Magnetic field effect on copper electrodeposition in the Tafel potential region / Noninski V. C. // *J. Electrochimica Acta*. – 1997. – Vol. 42. – № 2. – Pp. 251-254.

5. Заявка № а 2016 11847 Україна, МПК (06.2016) C25D 3/00, C25D 5/00, C25D 7/00. Спосіб електрохімічного одержання покриттів в магнітному полі [Текст] / Ковальов С. В., Гірін О. Б., Косолапов А. О. (Україна); заявник та патентовласник держ. вищ. навч. заклад «Укр. держ. хім.-технол. ун-т». – № а 2016 11847 ; заявл. 23.11.16.

УДК 544.6

С.Г. Дерибо, доц. канд. техн. наук;  
В.М. Артеменко, доц. канд. техн. наук;  
М.Д. Бондаренко; Т.С. Бохан; К.О. Савченко  
НТУ «ХПИ», Харьков

### **АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СЕРЕБРА И ЕГО ЮВЕЛИРНЫХ СПЛАВОВ В РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛИГАНДОВ**

Введение. Электрохимическое полирование довольно широко используется для финишной обработки серебряных гальванических покрытий, а также изделий из серебра и его сплавов.

Перечень применяемых для этих целей электролитов невелик и ограничивается растворами, в состав которых входят лиганды, образующие с серебром цианидные, сульфитные, аммиачные, роданидные и другие прочные комплексные соединения [1-4].

Проведенный анализ показал, что наиболее перспективными для финишной обработки серебра и его сплавов являются растворы на основе роданида калия (KCNS).

Цель проведенных исследований состояла в оптимизации содержания роданида калия в растворе и режима анодной обработки, обеспечивающих высокое качество полированной поверхности как серебра, так и его ювелирного сплава  $\text{SrM925}$ .

Результаты эксперимента и их обсуждение. На первом этапе проводилось изучение влияния концентрации KCNS (1, 2, 4, 6, 8 моль/дм<sup>3</sup>) путем анализа анодных вольтамперных характеристик, полученных на серебре и на ювелирном сплаве.

Как видно из рис. 1 и рис. 2. анодные поляризационные кривые как для серебра, так и для сплава  $\text{SrM925}$  при всех исследованных концентрациях KCNS имеют классическую форму, которая отражает переход от активного растворения металла (в диапазоне потенциалов от -0,1В до +0,45В) до активно-пассивного состояния (в диапазоне потенциалов от +0,5В до +1,2В). Следует отметить, что снижение плот-