

УДК 544.654.2*

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ КРЕМНИЯ ИЗ РАСПЛАВА $KCl-K_2SiF_6$

Т. А. Гевел¹, С. И. Жук², А. Е. Вахромеева³, А. В. Суздальцев⁴, Ю. П. Зайков⁵

^{1,2,3,4,5} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ Timofey.Gevel@at.urfu.ru

Аннотация. В системе $KCl-K_2SiF_6$ изучена кинетика электровыделения кремния на стеклоуглероде при температуре 790 °С. В результате анализа полученных экспериментальных данных сделаны выводы о стадийности и лимитирующей стадии процесс, а также получены осадки кремния различной морфологии.

Ключевые слова: кремний, галогенидный расплав, электрохимический анализ, K_2SiF_6 , электролиз

Благодарности. Работа выполнена в рамках соглашения № 075-03-2020-582/1 от 18.02.2020 (номер темы 0836-2020-0037).

SILICON ELECTRODEPOSITION FROM THE $KCl-K_2SiF_6$ MELT

T. A. Gevel¹, S. I. Zhuk², A. E. Vakhromeeva³, A. V. Suzdaltsev⁴, Yu. P. Zaikov⁵

^{1,2,3,4,5} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ Timofey.Gevel@at.urfu.ru

Abstract. In the $KCl-K_2SiF_6$ system, the kinetics of silicon electrowinning on glassy carbon at a temperature of 790 °C was studied. As a result of the analysis of the obtained experimental data, conclusions were drawn about the staging and limiting stage of the process. In addition, sediments of various morphologies were obtained.

Keywords: silicon, halide melt, electrochemical analysis, K_2SiF_6 , electrowinning

Acknowledgements. The research was carried out within the agreement No. 075-03-2020-582/1 (No. 0836-2020-0037).

В настоящее время кремний находит все большее применение при разработке литий-ионных аккумуляторов и солнечных батарей

с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Реализованные в промышленных масштабах способы характеризуются получением кремния ограниченного диапазона размеров и структур, в то время как улучшение характеристик вышеуказанных электрохимических устройств и солнечных батарей основано на использовании кремния с новыми структурными особенностями и повышенной чистотой.

Перспективными представляются способы электролитического получения кремния с управляемыми размерами и морфологией из расплавленных солей. Известны способы получения микро- и наноразмерных осадков кремния из расплавленных солей в широком диапазоне температур (500–1400 °С) с применением в качестве источника кремния коммерческого кремния, K_2SiF_6 , $SiCl_4$, а также SiO_2 [1–3]. Несмотря на это оптимизация разрабатываемых и поиск новых способов получения кремния остается актуальным.

В настоящей работе изучена кинетика электровыделения кремния и проведены электролизные испытания по получению сплошных и волокнистых субмикронных осадков кремния из расплава KCl с добавками до 5 мас. % K_2SiF_6 при температуре 790 °С.

Кинетику электровыделения кремния изучали методами циклической, квадратно-волновой вольтамперометрии и хроноамперометрии с использованием PGSTAT AutoLAB 302N (The Metrohm, Нидерланды). Измерения проводили в трехэлектродной ячейке, размещенной в кварцевой реторте с атмосферой аргона. Рабочим электродом служили стеклоуглеродные стержни, противоелектродом и квазиэлектродом сравнения — кремний.

На рис. 1 приведены поляризационные зависимости, характеризующие кинетику и некоторые особенности механизма электровыделения кремния из исследуемого расплава. Из анализа полученных зависимостей следует, что процесс электровыделения кремния является электрохимически обратимым и в условиях эксперимента протекает в одну 4-х электронную стадию. Процесс контролируется диффузией в отсутствие затруднений, связанных с зарождением новой фазы.

На основании электрохимических измерений выбраны параметры и проведено электроосаждение кремния на стеклоуглеродной подложке. В результате были получены сплошные осадки кремния, а также осадки развитой структуры со средним размером частиц 200–300 нм (рис. 2).

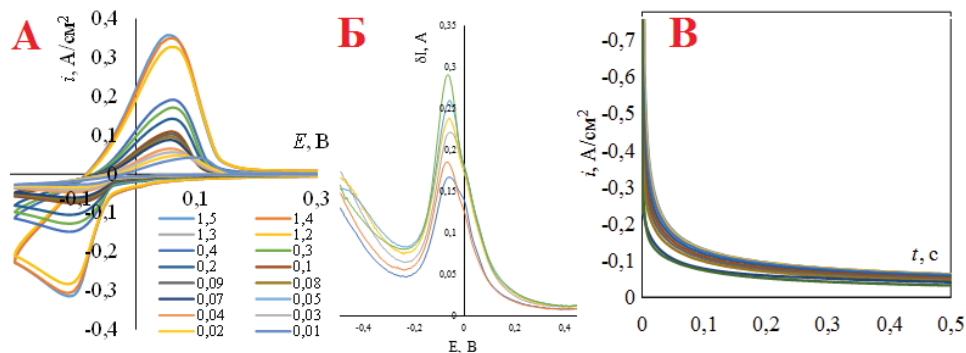


Рис. 1. Поляризационные зависимости, полученные на стеклоуглероде в расплаве KCl с добавкой 5 мас. % K_2SiF_6 при температуре 790 °C методами циклической вольтамперометрии (а), квадратно-волновой вольтамперометрии (б) и хроноамперометрии (в)



Рис. 2. Фотографии сплошного (а) и субмикронного (б) осадков кремния, полученных на стеклоуглероде из расплавов KCl– K_2SiF_6 при температуре 790 °C

Результаты указывают на перспективность получения кремния из расплавов KCl– K_2SiF_6 .

Список источников

1. Электроосаждение кремния из расплава KF–KCl–KI– K_2SiF_6 / Ю. П. Зайков [и др.] // Расплавы. 2016. № 5. С. 441–454.
2. Juzeliunas E., Fray D. J. Silicon electrochemistry in molten salts // Chemical Reviews. 2020. Vol. 120, iss. 3. P. 1690–1709.
3. Получение кремния электролизом галогенидных и оксидно-галогенидных расплавов / Ю. П. Зайков [и др.] // Цветные металлы. 2013. № 2. С. 58–62.