

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Жука Сергея Ивановича «Кинетика восстановления кремния в галогенидных расплавах», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Кремний является востребованным материалом в электронике, электротехнике, энергетике, в частности, при изготовлении анодов литий-ионных аккумуляторов, элементов солнечных батарей, компонентов микросхем. Одним из способов его получения является электрохимическое восстановление из расплавов солей. Однако, для контролируемого электрохимического синтеза кремниевых материалов необходимо знание механизма и кинетики электродных процессов, влияние условий электролиза на фазовый состав, структуру и морфологию осадка. В этой связи целью данного исследования является установление закономерностей катодного процесса и начальных стадий электрокристаллизации кремния из расплавов на основе KF-KCl-K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> и получение сплошных осадков кремния на металлах и углеродной основе.

В результате исследований Жуком С.И. установлен механизм электрохимического восстановления кремния на стеклоуглероде и серебре в расплавах KF-KCl-K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, выявлено влияние добавок диоксида кремния и гидроксида калия на кинетику катодного процесса, установлен механизм зародышеобразования и роста кристаллитов кремния в исследуемых расплавах, определен коэффициент диффузии в них кремнийсодержащих ионов. В процессе исследований получены поликристаллические монофазные покрытия кремния на графите, стеклоуглероде, серебре, вольфраме, доказано отсутствие взаимодействия осаждаемого кремния с данными материалами в интервале температур 953-1103 К. Экспериментально доказано образование Ni<sub>2</sub>Si наряду с элементным кремнием на никелевом катоде. Показано влияние KI на морфологию осадков кремния: добавки этого соединения в количестве 2-4% мол. способствуют получению компактных оксадков.

Научные положения и выводы, сформулированные автором, обоснованы, тем не менее по автореферату имеются вопросы:

1. Какой электрод применялся в качестве электрода сравнения и все ли значения потенциала на вольтамперограммах приведены относительно него ?
2. Почему автором выбраны в качестве подложек такие разнородные материалы, как стеклоуглерод, графит, серебро, никель и вольфрам ?

3. Учитывая требования промышленности к чистоте кремния, не было ли логичным провести исследования по его электрохимическому выделению из расплавов солей непосредственно на кремниевой подложке?

Указанные замечания не снижают ценности и научной значимости проведенного исследования. Работа апробирована на всероссийских и международных конференциях, результаты опубликованы в известных профильных научных изданиях, в частности в Journal of Solid State Electrochemistry, Journal of Electrochemical Society и пр.

На основании изложенного считаю, что диссертационное исследование «Кинетика восстановления кремния в галогенидных расплавах» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлены новые знания о механизме и кинетике катодного восстановления кремния из расплавов галогенидов и кремнийфторидов калия на разных подложках, имеющие значение для теории и практики электрохимических процессов в расплавах солей. Данная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук и изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г №842 (в действующей редакции), а ее автор, Жук Сергей Иванович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Заведующий кафедрой технологии  
электрохимических производств  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет», профессор, д.х.н. (02.00.05 –  
Электрохимия)

420015, г.Казань, ул. К.Маркса, 68  
e-mail:[a.dresvyannikov@mail.ru](mailto:a.dresvyannikov@mail.ru)  
тел. 8(843)-231-41-20

Дресвянников Александр  
Федорович

Подпись Дресвянникова А.Ф. удостоверяю  
Ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»



08.12.23

Зарядуманіка.