

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Худорожковой Анастасии Олеговны
«Получение кремния электролизом расплавов KF-KCl-KI-K₂SiF₆»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата химических наук по специальности

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Актуальность проблемы. Кремний – распространенный химический элемент, широко используемый в электротехнике и электронике. Кроме монокристаллического кремния, сейчас и в будущем наиболее востребованы будут тонкие кремниевые пленки. Современная технология получения тонких пленок кремния осуществляется в паровой фазе. Этот процесс энергоёмок и требует применения исходных реагентов высокой степени чистоты.

Более эффективным способом получения чистого кремния может быть электролиз из расплавов солей – более низкотемпературный и управляемый процесс. Представляют несомненный интерес и актуальность разработка альтернативного существующему процессу получения сплошных плёнок кремния заданной структуры и химического состава электролизом из расплавов с оптимальными физико-химическими свойствами.

Научная новизна. В работе определены температуры первичной кристаллизации расплавленных солевых систем KF-KCl-KI с мольными соотношениями KF/KCl = 0,8 и 2 в интервале концентраций KI от 0 до 100 мол.% и найдены координаты эвтектических точек.

Автором установлено, что максимальная добавка 1 мол.% K₂SiF₆ к расплаву KF-KCl (2/1)-KI (75 мол.%) приводит к увеличению температуры ликвидуса от 869 К до 927 К, а введение в полученный электролит 1 мол.% SiO₂ снижает эту температуру на 13 К.

Худорожковой А.О. показано, что удельная электропроводность расплавленных смесей KF-KCl-KI с мольными отношениями KF/KCl 0,8 и 2 в диапазоне температур 860-1043 К снижается на 2,4% при увеличении концентрации иодида калия на каждые 10 мол.%.

Также измерена плотность расплавов KF-KCl (2/1)-KI в зависимости от температуры и впервые установлены закономерности изменения поверхностного натяжения расплавов KF-KCl (2/1)-KI в интервале концентраций 0-100 мол.% KI при различных температурах.

Худорожкова А.О. экспериментально определила электрохимические свойства изученных кремнийсодержащих галогенидных расплавов.

Полученные автором сведения и установленные закономерности расширяют наши фундаментальные знания о влиянии температуры и ионного состава на физико-химические и электрохимические свойства многокомпонентных солевых расплавов.

Практическая значимость. В диссертации построены диаграммы квазибинарных систем и определены температурные и концентрационные зависимости плотности, электропроводности и поверхностного натяжения исследованных расплавов, которые могут быть использованы как справочные данные.

Худорожковой А.О. разработан энергоэффективный способ получения сплошных кремниевых пленок и найдены условия их электроосаждения на стеклоуглеродной подложке: состав электролита KF-KCl (2/1)-KI (75 мол.%) - K₂SiF₆ (0,23-1 мол.%), плотность пропускаемого тока 0,1 А/см² при катодном потенциале 0,2 В и температурах 973-993 К.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается использованием комплекса современных физико-химических методов анализа и оборудования, согласованностью и воспроизводимостью результатов, полученных разными методами.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 16 печатных работах, в том числе в 8 статьях в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science и рецензируемых журналах из Перечня ВАК, 8 публикациях в материалах конференций.

Работа получила поддержку Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

Диссертационная работа изложена на 142 страницах, включает 20 таблиц, 70 рисунков и список 93 источников и состоит из введения, 3 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка цитируемой литературы и 2 приложений.

К автореферату имеются следующие замечание и вопросы:

1. На стр. 16, рис. 11 не обозначены катод(-) и анод(+). В какой защитной атмосфере вели электролиз?
2. К описанию на стр. 18: Полученные плёнки кремния будут сниматься или оставаться на подложке из стеклоглассера?
3. К описанию на стр. 19: При каком времени электролиза можно получить слой более чистого кремния (без кислорода)?

Эту диссертационную работу отличает аккуратность и тщательность проведенных измерений, обилие экспериментальных данных, что создаёт наиболее благоприятное впечатление от работы Худорожковой А.О. с такими сложными объектами, как расплавы.

Полученные Худорожковой А.О. результаты вносят важный вклад в изучение физико-химических и электрохимических свойств многокомпонентных галогенидных расплавов и технологию получения сплошных плёнок кремния методом электролиза.

Заключение рецензента:

По моему мнению, диссертация «**Получение кремния электролизом расплавов $KF-KCl-KI-K_2SiF_6$** », представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии, соответствует основным современным требованиям, является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного постановлением № 842 Правительства РФ от 24.09.2013 г.) ВАК Министерства образования и науки России, применяемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор – **Худорожкова Анастасия Олеговна** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Данные о рецензенте:

Ученая степень, ученое звание: кандидат технических наук, специальность 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Должность: старший мастер опытного цеха № 3 ОАО «Соликамский магниевый завод», руководитель группы перспективных направлений.

Место работы: ОАО «Соликамский магниевый завод», опытный цех № 3.

Фамилия, имя, отчество: Цурика Андрей Анатольевич.

Адрес места работы: 618500, Пермский край, г. Соликамск, ул. Правды, 9

Телефон: 8-(34253)-66-7-37, 66-6-09.

E-mail: and-zur@mail.ru

Дата: 01.11.2022 г.

Старший мастер, к.т.н., специальность
05.17.02 – «Технология редких, рассеянных
и радиоактивных элементов»



А.А. Цурика

Подпись Цурика Андрея Анатольевича, кандидата технических наук, старшего мастера опытного цеха ОАО «Соликамский магниевый завод», удостоверяю:

Начальник административно –
хозяйственного отдела ОАО «СМЗ»

Г.А. Тейхреб