

методике, изложенной в [3]. Значение изменения энергии Гиббса для всех рассматриваемых реакций до  $T=1500$  К много меньше нуля (от  $-234,669$  до  $-39,873$  кДж/моль, соответственно). В-третьих, обладая маленьким ионным радиусом ( $0,15$  Å для  $V^{3+}$ (III)), катионы бора в следовых количествах ( $\approx 4 \cdot 10^{-4}$  мол. %) локализуются в гранях вакантных тетраэдрических пустот в составе группы  $[BO_3]^{3-}$ , тем самым снижают концентрацию дефектов NbLi в рассматриваемом фрагменте структуры кристалла [2]. Концентрация дефектов NbLi, рассчитанная из спектров ИК-поглощения кристаллов  $LiNbO_3$ конг

и  $LiNbO_3$ :B равна  $0,976$ ,  $0,553$ ,  $0,385$  и  $0,503$  мол. %, соответственно.

Таким образом, использование неметаллического элемента бора для оптимизации физических характеристик кристалла  $LiNbO_3$ , оказывающего многофакторное воздействие на расплав, структурные особенности и оптические свойства монокристаллов  $LiNbO_3$ :B, позволяет получать кристаллы, по упорядочению катионной подрешётки приближающиеся к кристаллам  $LiNbO_3$ стех, а по оптическим характеристикам не уступающие  $LiNbO_3$ конг.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-33-90025).

### Список литературы

1. Сидоров Н.В., Теплякова Н.А., Титов Р.А., Палатников М.Н. // Журн. техн. физ., 2020. – Т. 90. – №4. – С. 652–659.
2. Сидоров Н.В., Титов Р.А., Воскресенский В.М., Палатников М.Н. // Журн. структ. химии, 2021. – Т. 62. – №2. – С. 235–243.
3. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин. – М.: АТОМИЗДАТ, 1971. – 240 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ДИСПЕРСНЫЕ МЕТАЛЛЫ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Д.Г. Токмакова<sup>1</sup>, Ю.С. Приходько<sup>1</sup>, А.В. Мостовщиков<sup>1,2</sup>, И.С. Егоров<sup>2</sup>, И.В. Лаптев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 40, dashytka.tokmakova@mail.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

Металлические порошки всегда играли важную роль в развитии технологий, поскольку они позволяли получать новые материалы и продукты, которые не могут быть изготовлены с использованием традиционных технологий. В последние десятилетия они использовались для создания принципиально новых материалов с микрокристаллическими, наноразмерными и аморфными структурами. Значительно улучшить физические, механические и функциональные свойства изделия позволяет их уникальная структура [1]. Микро- и нанопорошки железа и алюминия на самом деле стали более широко использоваться. Они связаны с производством высокоэнергетических материалов, производством водорода в водородной энергетике, добавками и компонентами в синтезе неорга-

нических материалов, аддитивной технологией и материалами электронной техники [2].

В связи с развитием технологий нано-и субмикронных материалов влияние электронных пучков на наноструктуры представляет значительный интерес. Ускоренные потоки электронов (электронные пучки) используются в технологиях, которые изменяют свойства полупроводниковых кристаллов, изменяют микроструктуру металлических поверхностей [2].

В настоящей работе было исследовано влияние электронного пучка на теплофизические свойства микро- и нанопорошков металлов. В качестве объектов исследования выбраны микро- и нанопорошки алюминия и железа. В качестве основного метода исследования закономерностей изменения свойств порошков металлов

после облучения был использован метод дифференциального термического анализ [3].

Для облучения микро- и нанопорошков Al и Fe использовали поток ускоренных электронов с кинетической энергией до 360 кэВ, который генерировали с использованием импульсного электронного ускорителя АСТРА-М, разработанного в Томском политехническом университете. Излучение образцов выполняли с шагом по поглощённой дозе 7 кГр.

Дальнейший дифференциальный термический анализ проводился с использованием термоанализатора SDT Q600 TA Instrument (USA).

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что воздействие электронного пучка на нанопорошки металлов приводит к увеличению количества сорбирован-

ной воды, что указывает на заряджение поверхности частиц после облучения и формирование активных центров на их поверхности (центров сорбции). Микронные порошки имеют меньшее соотношение площади поверхности к объёму, вследствие чего на них этот эффект не так сильно выражен. Изменение температуры и теплоты начала окисления свидетельствуют о влиянии электронного облучения на дефектность кристаллической структуры.

Таким образом установлено, что облучение нано- и микронных порошков металлов электронными пучками влияет на температуру и теплоту окисления. На основании этого электронное облучение с энергией 360 кэВ можно рекомендовать для модифицирования структуры и изменения свойств порошков металлов.

### Список литературы

1. В.Л. Гиришов, С.А. Котов, В.Н. Цеменко *Современные технологии в порошковой металлургии: учеб. пособие* / В.Л. Гиришов, С.А. Котов, В.Н. Цеменко. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. – 385 с.
2. А.П. Ильин, А.В. Мостовщиков, А.В. Коришунов, Л.О. Роот *Особенности физико-химических свойств нанопорошков и наноматериалов: учебное пособие* / А.П. Ильин, А.В. Мостовщиков, А.В. Коришунов, Л.О. Роот; Томский политехнический университет. – 2-е изд., испр. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 212 с.
3. У. Уэндландт, *Термические методы анализа* / Пер. с англ. под ред. В.А. Степанова и В.А. Берштейна. – Издательство «Мир», 1978. – 526 с.

## СТОЙКОСТЬ КАМНЯ НА ОСНОВЕ СУЛЬФОЖЕЛЕЗИСТОГО КЛИНКЕРА В РАСТВОРАХ СУЛЬФАТА И ХЛОРИДА НАТРИЯ

Тхет Наинг Мьинт, Хан Тао Ко

Научный руководитель – д.т.н., профессор Ю.Р. Кривобородов

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»  
125047, Россия, г. Москва, Миусская пл., д. 9, [phaymyint.mgwe@gmail.com](mailto:phaymyint.mgwe@gmail.com)

В настоящее время разработаны различные составы и способы получения цементов для бетонов с особыми условиями службы. При твердении этих цементов интенсивно образуются гидросульфоалюминат кальция трехсульфатной формы или гидросульфогеррита кальция. Это дает предпосылку создания быстротвердеющих, высокопрочных, безусадочных, расширяющихся и напрягающих цементы [1, 2]. Также показано эффективность использования сульфатированных клинкеров для создания коррозионно-стойких цементов [3].

Однако, вопросы совместной сульфатно-хлоридной агрессии остаются, невыяснен-

ными, как не выяснены вопросы хлоридной коррозии специальных цементов.

В данной работе изучали стабильность ТГСАК и МГСАК в 4% водном растворе хлорида натрия.

Синтезированные кристаллы ТГСАК и МГСАК выдерживались в растворе при температуре +20°C в течение 28 сут. В установленные периоды времени отбиралась аликвотная часть раствора, в которой химическим методом анализа проводилось определение содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Al}^{3+}$ .

Химический анализ суспензий гидросульфоалюмината кальция показал, что с течением времени растворимость этtringита в растворе