

УДК 546.62:546.831.4:546.05

А.Ю. Николаев,
А.В. Суздальцев,
Ю.П. Зайков,
ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СКАНДИЯ В РАСПЛАВЕ $\text{LiF-CaF}_2\text{-ScF}_3$

Скандий является востребованным элементом при получении легких и прочных сплавов для аэрокосмической отрасли, медицинских лазеров, накопителей водорода, многофункциональной керамики и прочих материалов и изделий [1]. Стоимость особо чистого скандия превышает стоимость золота, поскольку в природе его содержание крайне ограничено, а энергоэффективные технологии его извлечения из техногенных отходов отсутствуют.

Скандий преимущественно получают металлотермическим восстановлением ScF_3 или ScCl_3 с последующей дистилляцией [1]. Меньшее распространение получили способы электролитического получения из расплавленных хлоридно-фторидных расплавов [2], при этом в последнее время повышается интерес к комплексной переработке скандийсодержащих отходов, включающей на финальном этапе получение лигатур скандия из оксидов при электролизе оксидно-фторидных расплавов [1, 3]. Электрохимическим способом могут быть получены и другие востребованные материалы скандия.

Таким образом, важной представляется информация о закономерностях электровосстановления скандия из фторидных и оксидно-фторидных расплавленных электролитов. Для этого фоновые катионы электролита должны разряжаться при более отрицательных потенциалах в сравнении с потенциалами электровосстановления ионов скандия. В данной работе изучено электрохимическое поведение скандия в расплаве $\text{LiF-CaF}_2\text{-ScF}_3$ при температуре 800°C .

Методика измерений. Расплавы для проведения измерений готовили путем сплавления индивидуальных фторидов LiF , CaF_2 и ScF_3 непосредственно перед измерениями в графитовом тигле. Электрохимические измерения проводили в атмосфере воздуха при 800°C методами циклической вольтамперометрии, квадратно-волновой вольтамперометрии и хронопотенциометрии с использованием PGSTAT AutoLab 320N и ПО NOVA 1.11 (The MetrOhm, Нидерланды). Графитовый тигель для расплава служил противозлектродом. В качестве рабочих электродов использовали

полупогруженные стержни из вольфрама. Потенциал рабочего электрода измеряли относительно потенциала алюминиевого электрода [4]. Температуру расплава измеряли термопарой Pt/PtRh и поддерживали постоянной (± 2 °C) с помощью термопарного модуля USB-TC01 (National Instruments, США).

Результаты и обсуждение. Результаты электрохимических измерений приведены на рисунках 1-4. Из них можно сделать следующие заключения:

- электровосстановление катионов скандия наблюдается при потенциале отрицательнее -0.44 В (Рис. 1) потенциала алюминиевого электрода, что близка к термодинамическому значению;

- при повышении скорости развертки потенциала плотность тока пика электровосстановления катионов скандия повышается, а потенциал пика практически не меняется и составляет около -0.48 В (Рис. 2), что указывает на электрохимическую обратимость процесса;

- при повышении частоты реверса потенциала пик суммарного отклика тока повышается, при этом потенциал пика составляет около -0.48 В (Рис. 3), что также указывает на электрохимическую обратимость процесса;

- при потенциалах отрицательнее -0.6 В наблюдается электровосстановление катионов фонового расплава;

- при повышении величины импульса катодного тока до 1.4 А/см² на хронопотенциограммах наблюдается повышение катодного перенапряжения электровосстановления катионов скандия, а свыше 1.4 А/см² наблюдается переход к совместному электровосстановлению катионов скандия и катионов фонового расплава (Рис. 4).

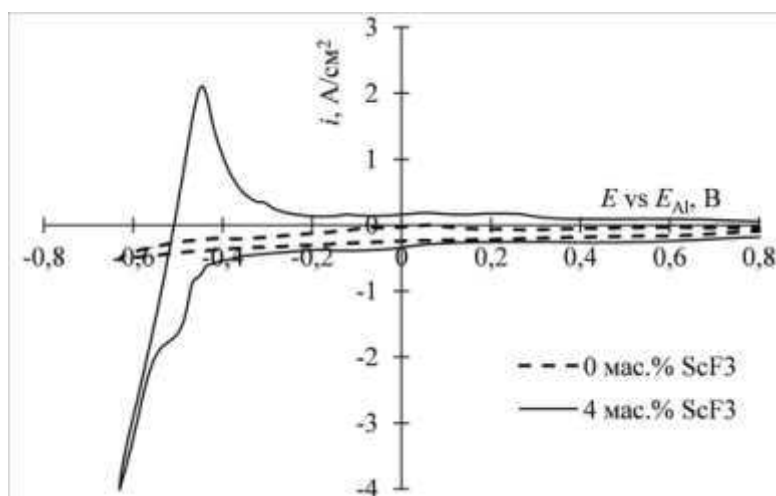


Рисунок 1 – Вольтамперограммы, полученные на вольфраме в расплаве LiF-CaF₂ при 800 °C и скорости развертки потенциала 0.1 В/с

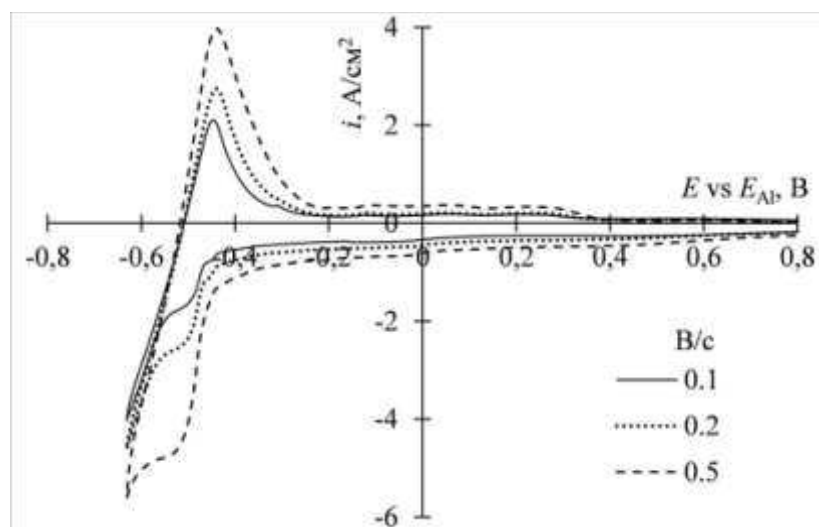


Рисунок 2 – Вольтамперограммы, полученные на вольфраме в расплаве LiF-CaF_2 с 4 мас.% ScF_3 при $800\text{ }^\circ\text{C}$ и разных скоростях развертки потенциала

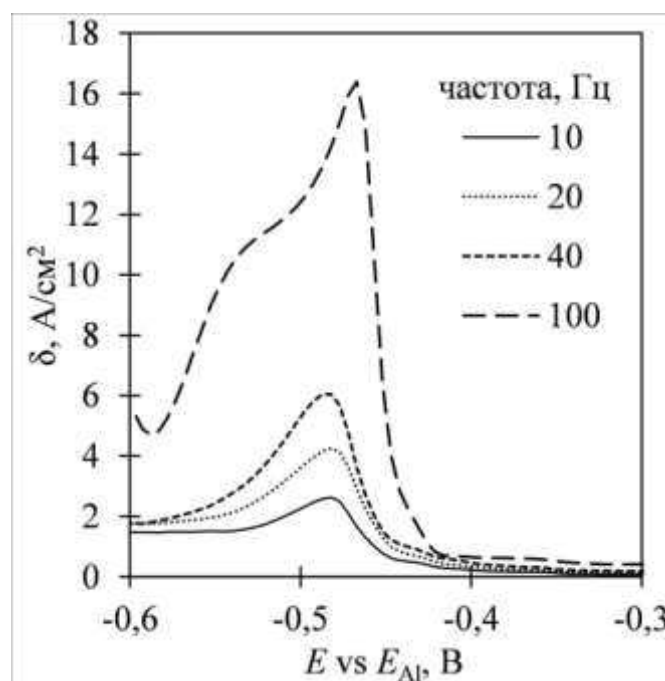


Рисунок 3 – Вольт-амперные отклики, полученные методом квадратно-волновой вольтамперометрии на вольфраме в расплаве LiF-CaF_2 с 4 мас.% ScF_3 при $800\text{ }^\circ\text{C}$ и разной частоте реверса потенциала

В целом, полученные результаты указывают на возможность применения расплава LiF-CaF_2 для изучения электрохимического поведения электроотрицательных элементов из числа редкоземельных элементов, лантанидов и актинидов.

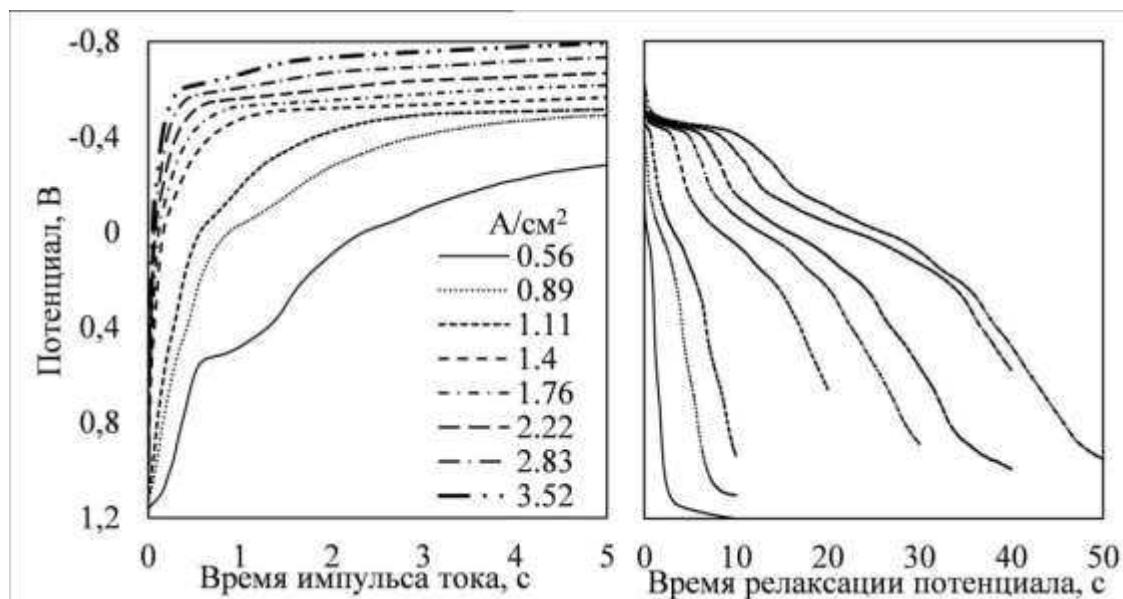


Рисунок 4 – Хронопотенциограммы, полученные на вольфраме в расплаве LiF-CaF_2 с 4 мас.% ScF_3 при $800\text{ }^\circ\text{C}$ и разным импульсе катодного тока

ЛИТЕРАТУРА

1. Яценко, С.П. Скандий: наука и технология / С.П. Яценко, Л.А. Пасечник. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2016.
2. Kononov, A. Cathodic process in halide melts containing scandium / A. Kononov, E. Polyakov // *Electrochimica Acta*. – 1998. – V. 43. – P. 2537.
3. Николаев, А.Ю. Новый способ синтеза лигатур Al-Sc в оксидно- фторидных и фторидных расплавах / А.Ю. Николаев, А.В. Суздальцев, Ю.П. Зайков // *Расплавы*. – 2020. – № 2. – С. 155.
4. Суздальцев, А.В. Алюминиевый электрод для электрохимических исследований в криолит-глиноземных расплавах при $700 - 960\text{ }^\circ\text{C}$ / А.В. Суздальцев, А.П. Храмов, Ю.П. Зайков // *Электрохимия*. – 2012. – Т. 48. – № 12. – С. 1264.