

количество атомов кальция, которые могут быть замещены с целью улучшения электрических свойств материала. Кроме того, для этой цели также возможно создание композита в виде системы «замещенный майенит – оксид металла» и «замещенный майенит – металл».

В данной работе были исследованы возможности получения и свойства медь-замещенного майенита, состава  $\text{Cu}_{0,24}\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ , а также композитных систем « $\text{Cu}_{0,24}\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}\text{-CuO}$ » и « $\text{Cu}_{0,24}\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}\text{-CuO}$ ».

В данной работе был получен спектр образцов системы  $\text{Cu}_{0,24}\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}\text{-CuO}$  с различной массовой долей  $\text{CuO}$ . Последующий обжиг в восстановительной атмосфере влажного водорода привел к восстановлению меди и образованию системы  $\text{Cu}_{0,24}\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}\text{-Cu}$ .

Синтез материалов осуществлялся раствором методом с последующим обжигом при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течении 24 часов при обдувке кислородом. Далее образцы отжигали в восстановительной атмосфере влажного водорода. Все образцы были аттестованы с помощью РФА.

Также были проведены измерения пористости до и после обжига в атмосфере влажного водорода с целью подробного изучения процессов окисления/восстановления в изучаемых системах.

Проведены исследования электрических свойств материалов, в сухой и влажной атмосферах. Установлен резкий скачок проводимости при достижении перкаляционного предела. Порог перкаляции достигается при массовой доли  $\text{Cu}$  свыше 25%.

Также измерена зависимость электрических свойств от  $\text{PO}_2$ . Анализ зависимости проводимости от  $\text{PO}_2$  показал повышение значений проводимости в области высоких значений  $\text{PO}_2$  для всех образцов.

*Работа была поддержана грантами РФФИ № 13-08-96020, РФФИ 14-03-31091, а также правительством Свердловской области.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАССИВАЦИИ СИЛИЦИДОВ МЕТАЛЛОВ ТРИАДЫ ЖЕЛЕЗА В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ, СОДЕРЖАЩЕМ ФТОРИД НАТРИЯ**

*Кузьминых М.М., Костров А.И., Пантелеева В.В., Шеин А.Б.*

Пермский государственный национальный  
исследовательский университет  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Механизм и кинетика электродных процессов на силицидах переходных металлов в различных агрессивных средах исследуются уже в течение многих лет, что связано с широким использованием данных ма-

териалов в технике, в практике противокоррозионной защиты. Повсеместное использование данных материалов требует детального изучения их коррозионно-электрохимического поведения, кинетики и механизма протекающих на их поверхности электродных процессов.

Цель настоящего исследования – изучение анодной пассивации силицидов металлов триады железа ( $\text{FeSi}_2$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{CoSi}$  и  $\text{NiSi}$ ) в растворе  $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ , содержащем переменное количество  $\text{NaF}$ .

Измерения проводили с помощью потенциостата-гальваностата Solartron 1280С в стандартной электрохимической ячейке ЯСЭ-2 с разделенными пористой стеклянной диафрагмой катодным и анодным отделениями. Скорость развертки потенциала ( $v$ ) при измерении циклических вольтамперограмм варьировали в диапазоне  $\sim (5 \div 20) \text{ мВ/с}$ . Диапазон используемых в импедансных измерениях частот – от  $20 \text{ кГц}$  до  $(0,01 \div 0,002) \text{ Гц}$ . Амплитуда переменного сигнала –  $(10 \div 20) \text{ мВ}$ .

Установлено, что высокая анодная стойкость силицидов  $\text{FeSi}_2$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{CoSi}$  и  $\text{NiSi}$  в растворе  $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$  обусловлена формированием на их поверхности оксидной пленки, состоящей преимущественно из малорастворимого в кислых средах  $\text{SiO}_2$  с небольшими включениями оксидов соответствующих металлов. Толщина и однородность оксидного слоя на поверхности исследуемых силицидов закономерно возрастают с повышением потенциала, достигая в области пассивации наибольших значений; в транспассивной области происходит частичное разрушение оксидной пленки. Уменьшение скорости развертки потенциала в вольтамперных измерениях приводит к снижению значений плотности тока: при низких  $v$  на поверхности электродов формируется большее количество  $\text{SiO}_2$  в соответствии с данным значением  $E$ . При понижении анодной поляризации  $\text{SiO}_2$  не восстанавливается и препятствует дальнейшей ионизации силицидов.

Исследование анодного поведения  $\text{FeSi}_2$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{CoSi}$  и  $\text{NiSi}$  в растворах  $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4 + (0,005 \div 0,05) \text{ M NaF}$  показало, что с увеличением в растворе концентрации  $\text{NaF}$  пассивирующее влияние кремния, связанное с формированием на поверхности силицидов барьерной пленки диоксида кремния, постепенно устраняется, чем обусловлены высокие значения плотности тока в анодной области и сдвиг потенциала коррозии в катодном направлении. Порядок реакции по  $\text{NaF}$  в области пассивного состояния равен  $\sim 1$ . Для объяснения растворения пассивирующей пленки  $\text{SiO}_2$  в присутствии  $\text{NaF}$  предложен механизм замещения фтороводородной кислотой поверхностных гидроксильных групп, входящих в состав  $\text{Si-OH}$ . Вид спектров импеданса исследованных силицидов металлов указывает на заметную роль поверхностных пассивационных процессов даже в

присутствии NaF. Однако в данном случае пассивация силицидов обусловливается оксидами металлической составляющей сплавов.

Стойкость исследованных силицидов в растворе серной кислоты возрастает в порядке, в котором увеличиваются толщина и компактность оксидных пленок на их поверхности, а в растворе, содержащем NaF, в порядке повышения прочности связей атомов металла с атомами металла.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-03-31016 мол\_а.*

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И КОМПЛЕКСОНОВ**

*Логина Е.С., Никольский В.М.*

Тверской государственной университет  
170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33

Тверской государственной университет, является участником технологической платформы "Технологии экологического развития". С целью реализации положений этой платформы мы ставим своей целью разработку способа комплексного экологически чистого обезвреживания и утилизации сточных вод различного происхождения с использованием электрохимического воздействия и разработанных нами экологически безопасных комплексонов, производных янтарной кислоты. Разработка этого способа позволит внести весомый вклад в стратегию платформы по внедрению экологически эффективных российских технологий и обеспечению экологической безопасности.

Электрохимическим путем удастся эффективно очистить сточные воды как от неорганических (например, нитриты, нитраты, цианиды, соединения хрома и т.п.), так и от органических соединений, например, нефтепродуктов (углеводороды, ароматические соединения), производных анилина, фенолов и азокрасителей.

В сточных водах, как правило, содержатся и различные металлы, которые мы предлагаем извлекать из воды (в том числе и с использованием запатентованной делительной воронки [1]) в виде комплексов с биологически активными и экологически безопасными комплексонами, производными янтарной кислоты, например, карбоксиметиласпарагиновая кислота (КМАК, H<sub>3</sub>X), которую мы получали по схеме:

