

А.С. Хлебинская, Л.П. Милешко, А.И. Королева
(Южный федеральный университет e-mail: a.khlebinskaya@mail.ru)

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ АНОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Определены значения критерия потенциальной экологической опасности ряда электролитов, которые позволяют осуществлять их выбор при производстве электронных средств.

Ключевые слова: анодное окисление, экологическая безопасность.

A.S. Khlebinskaya, L.P. Milesko, A.I. Koroleva

ANALYSIS OF ECOLOGICAL COMPATIBILITY OF ELECTROLYTE TO THE ANODE OXIDATION OF METALS AND SEMICONDUCTORS

Criteria value of potential ecological hazard of a number of electrolyte composition, which allow them the choice in the production of electronic products was defined.

Key words: anodic oxidation, environmental safety.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 15 марта 2015 г.

В работе [1] предлагается на этапе выбора состава анодирующего раствора, руководствоваться **критерием потенциальной экологической опасности электролита КПЭОЭ**, который рассчитывается по формуле:

$$КПЭОЭ = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n}, \quad (1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрация компонента в электролите, г/л;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – предельно допустимая концентрация компонента в воде рыбохозяйственных водоемов, мг/л.

Очевидно, что чем меньше значение $КПЭОЭ$, тем более высокую степень обеспечения экологической безопасности [2] будет иметь электролит. Следовательно, при прочих равных условиях, предпочтение должно отдаваться электролиту с меньшим значением $К_{ПЭОЭ}$.

По величинам ПДК ионов и веществ в воде рыбохозяйственных водоёмов [3, 4], используемых для приготовления электролитов, были рассчитаны значения $К_{ПЭОЭ}$, которые приведены в табл. 1-4.

Таблица 1

**Значения критерия потенциальной экологической опасности $K_{ПЭОЭ}$
составов электролитов для анодного окисления меди**

№	Состав электролита	Материал анода	Концентрация компонента, г/л	$K_{ПЭОЭ} \cdot 10^{-5}$
1 [5]	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$	Cu	1,6 0,067	4,000
2 [6]	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{LiCl}$	Cu	2401,6 0,067 0,21	4,004

Таблица 2

**Значения критерия потенциальной экологической опасности $K_{ПЭОЭ}$
состава электролита для анодного окисления карбида кремния**

№	Состав электролита	Материал анода	Концентрация компонента, г/л	$K_{ПЭОЭ} \cdot 10^{-5}$
1 [7]	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	SiC	98 884 18	133,360

Таблица 3

**Значения критерия потенциальной экологической опасности $K_{ПЭОЭ}$
составов электролитов для анодного окисления кремния**

№	Состав электролита	Материал анода	Концентрация компонента, г/л	$K_{ПЭОЭ} \cdot 10^{-5}$
1 [8]	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,0056-0,0070 0,00113-0,02260 999,9933-999,9704	0,040-0,045
2 [9]	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Er}(\text{NO}_3)_3 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,00014-0,00056 0,0000008-0,0100800 2,5-10,0 997,49986-989,98936	0,041-0,052
3 [9]	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,00014-0,00042 50-150 0,00000226-0,00002260 949,999858-849,999557	0,213-0,559
4 [9]	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Ho}(\text{NO}_3)_3 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,00021-0,00049 50-150 3-6 946,99976-843,99951	0,214-0,560
5 [9]	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,00007-0,00070 1-100 998,99993-899,99930	39,964-36,350
6 [9]	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,000014-0,000700 0,000000168-0,016800000 999,9999-999,9762	40,000-40,016
7 [9]	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,00000452-0,00452000 999,99999548-999,99548000	40,000-4,001
8 [9]	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Si	0,0084-0,0252 0,0000226-0,0002260 999,991577-999,974574	40,009-40,024

Значения критерия потенциальной экологической опасности $K_{ПЭОЭ}$ составов электролитов для анодного окисления Ta-GaAs и Nb-GaAs, арсенида и фосфида галлия, легированных Al, Zr, Ta, Hf, Gd и Nb

№	Состав электролита	Материал анода	Концентрация компонента, г/л	$K_{ПЭОЭ} \cdot 10^{-5}$
1 [10]	$\text{CH}_3\text{COH}(\text{PO}_3\text{H}_2)_2 + \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	Структура Nb-GaAs Структура Ta-GaAs	19 871,2	35,165

Таким образом, определены значения критерия потенциальной экологической опасности ряда составов электролитов, позволяющие осуществлять их выбор с наиболее высокой степенью обеспечения экологической безопасности технологических процессов анодного окисления металлов и полупроводников для различных целей в производстве электронных средств.

Литература

1. Милешко Л.П., Нестюрина Е.Е., Хлебническая А.С. Анализ экологичности электролитов для анодного окисления алюминия // Технологии техносферной безопасности, № 2 (54). 2014. С. 203-206. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
2. Милешко Л.П. Введение в экологическую безопасность // Технологии техносферной безопасности, № 1 (47). 2013. С. 188-193. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
3. ГН 2.1.5.2307-07. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
4. Приказ Росрыболовства от 18 января 2010 г. № 20 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".
5. Милешко Л.П., Негоденко О.Н., Капустин К.Н. Газочувствительные резисторы на основе анодного оксида меди // Известия вузов. Электроника. 2001. № 6. С. 45-47.
6. Fortin E., Masson D. Photovoltaic effects in Cu_2O -Cu solar cells grown by anodic oxidation // Solid State Electronics, 1982. V. 25. № 4. P.281-283.
7. Милешко Л.П., Варзарёв Ю.Н. Кинетические и термодинамические особенности анодного окисления карбида кремния в электролитах на основе этиленгликоля // ФХОМ. 2000. № 2. С. 45-48.
8. Милешко Л.П., Варзарев Ю.Н. Анодное окисление кремния в арсенатных электролитах на основе этиленгликоля // ФХОМ. 2004. № 6. С. 43-47.
9. Милешко Л.П., Королев А.Н. Электроника анодных оксидных плёнок кремния и его соединений, формируемых в легирующих электролитах. Таганрог: изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 186 с.
10. Королев А.Н., Котов В.Н., Милешко Л.П. Особенности кинетики электролитического анодирования наноструктур Ta-GaAs и Nb-GaAs // ФХОМ. 2009. № 1. С. 42-44.