

И. А. Великанова, аспирантка; В. Б. Дроздович, доцент;  
И. М. Жарский, профессор; Н. П. Иванова, доцент

### СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИРИДИЕВО-ТИТАНОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

In this work, conditions for synthesis of iridium-containing films on titanium base, with iridium content up to 2,5 g/m<sup>2</sup>, prepared by thermal decomposition of hexachloroiridic acid. Under stationary and dynamic polarization conditions, electrocatalytic characteristics of synthesized electrode materials in sulfuric, hydrochloric acid and NaCl solutions, as well as in acidic and alkaline media containing ethanol, has been investigated.

Электроды на вентильной основе, содержащие микроколичества благородных металлов (2–5 г/м<sup>2</sup>), являются наиболее приемлемым материалом для эксплуатации в жестких условиях электролиза, например, в процессе электросинтеза окислителей, получения водорода, обессоливания природных вод, электрохимической очистки промышленных стоков, в химических источниках тока. В настоящее время проявляется повышенный интерес к электродным материалам, модифицированным иридием. Это обусловлено тем, что оксиды иридия при анодных потенциалах обладают высокой коррозионной стойкостью, имеют значения проводимости, близкие к проводимости металлических проводников, а многие анодные процессы на иридии протекают со сравнительно небольшой поляризацией [1, 2]. Существующие методы получения таких электродных материалов (ионная имплантация, электроискровая обработка, лазерная обработка и др.) имеют ряд недостатков: сложное аппаратное оформление, большой расход благородных металлов, ограниченная возможность для получения профильных, крупногабаритных электродов. Наиболее перспективным с точки зрения промышленной реализации является метод термического разложения солей благородных металлов. Основными преимуществами такого метода являются доступность и простота реализации, достаточно высокая эффективность, а также возможность использования в качестве модифицирующих агентов продуктов переработки радиоэлектронных отходов.

Целью настоящей работы является синтез нанопленочных иридиево-титановых электродов и исследование их электрохимических свойств.

В качестве электродной основы использовали пластины из титанового сплава ВТ1-0. Подготовка поверхности заключалась в обезжиривании в стандартном растворе и травлении в смеси кислот в присутствии пероксида водорода. Следует отметить, что пероксид водорода при травлении подавляет выделение водорода и его диффузию в металл, а также способствует образованию однородной поверхности. Формирование покрытий осуществлялось путем нанесения на подготовленную титановую основу

определенного объема покровного раствора гексахлориридиевой кислоты с последующим его терморазложением при температуре 450°C. Необходимая закладка иридия (2,5 г/м<sup>2</sup>) обеспечивалась соответствующим выбором концентрации иридия в покровном растворе и количеством наносимых слоев.

Исследования проводились с помощью потенциостата марки ПИ-50-1-1, программатора ПР-8 и двухкоординатного регистрирующего прибора Н306.

Электрохимическая активность полученных электродов оценивалась по значению скорости анодной реакции выделения кислорода в 0,5 М растворе серной кислоты при потенциале 1,4 В относительно стандартного водородного электрода при температуре 20°C. Плотности тока кислородной реакции нормированы на габаритную поверхность электродов.

Зависимость электрокаталитической активности от числа наносимых слоев (рис. 1) носит экстремальный характер. Снижение электрокаталитической активности может быть обусловлено процессами частичного окисления титановой основы в связи с увеличением времени термообработки. Увеличение активности вероятней всего может быть результатом более полного разложения гексахлориридиевой кислоты и заполнения активными центрами большей части поверхности электрода.

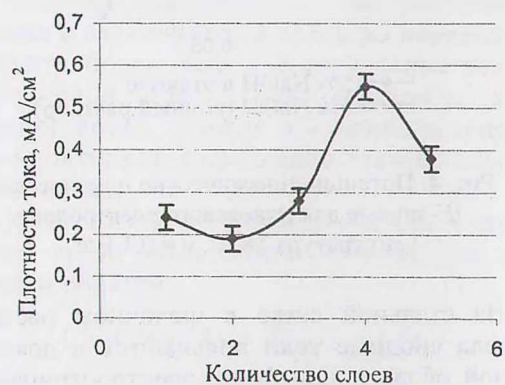


Рис. 1. Зависимость электрокаталитической активности от числа слоев

Некоторые электрокинетические параметры иридиево-титановых электродов

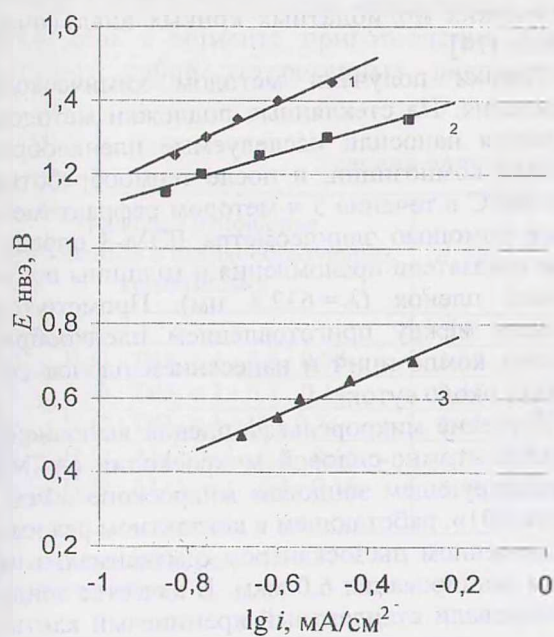
Состав раствора	0,5 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 М HCl	1 М NaCl	1 М C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, 25% NaOH	1 М C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, 5 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
$i_0$ , mA/cm <sup>2</sup>	$5 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$16,3 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
$b$ , В	0,54	0,43	0,36	0,625	0,58

Поляризационные кривые, снятые в кислой, нейтральной и щелочной средах, описываются (при достаточном удалении от равновесного потенциала) тафельской зависимостью (рис. 2). Эти результаты указывают на то, что скорость анодного процесса лимитируется стадией разряда.

Для исследуемых сред были определены некоторые электрокинетические параметры (таблица).

На полной анодной кривой (рис. 3), снятой в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, наблюдается несколько участков с различным углом наклона.

Наличие изломов может быть обусловлено изменением природы лимитирующей стадии анодного процесса при возрастании анодного потенциала.



1 – 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>      2 – 1 М NaCl  
3 – 1 М C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 5 М NaOH

Рис. 2. Анодные поляризационные кривые в кислой, нейтральной и щелочной средах

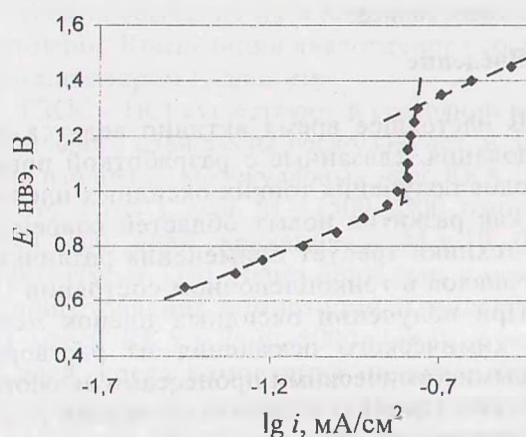


Рис. 3. Анодная поляризационная кривая

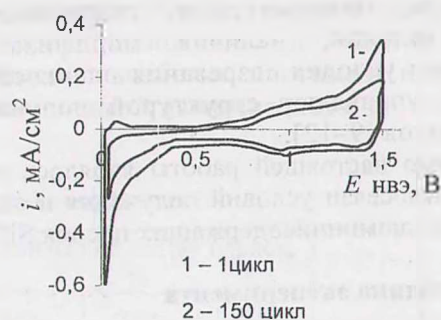


Рис. 4. Циклические вольтамперограммы иридиево-титанового электрода в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Необходимо отметить, что для исследуемых электродов наблюдается высокая стабильность при длительном циклировании (150 циклов, 2,5 ч) в области потенциалов 0,02–1,5 В (рис. 4).

#### Литература

- Небурчилова Е. Б., Касаткин Э. В. Иридиево-титановые текстурированные электроды // Электрохимия. – 2000. – № 12. – С. 1448–1456.
- Городецкий В. В., Небурчилов В. А. Титановые аноды с активным покрытием на основе оксидов иридия // Электрохимия. – 2003. – № 10. – С. 1249–1256.