

МОДИФІКУВАННЯ НАНОДИСПЕРСНИХ ПЛІВОК ДІОКСИДУ ТИТАНУ ТА НАПРЯМКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Плахотна М.М.

здобувач вищої освіти ступеня магістра
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського

Получены электроды на основе оксида титана и модифицированного металла, исследовали их электрокаталитические и фотоэлектрохимические свойства

Ключевые слова: оксид титана, модифицированный неодим, электроды.

Electrodes based on titanium oxide and modified metal, examined their electrocatalytic and photochemical properties.

Key words: titanium oxide, modified neodymium, electrodes

Діоксид титану займає досить високу позицію серед використання неорганічних речовин завдяки своїм властивостям та характеристикам, які зумовили його широке застосування. Це його теплоємність, хімічна та атмосферна стійкість, якими володіють у значно меншій мірі інші сполуки. Діоксид титану широко використовується для створення сонячних та паливних елементів для отримання електроенергії, також для виготовлення самоочисних поверхонь, газових сенсорів, електрохромних пристроїв, фотокаталізаторів для деструкції токсичних органічних сполук тощо.

Діоксид титану є перспективним матеріалом для створення сенсорів чутливих до кисню. Сенсори, які на даний момент використовуються, споживають багато електроенергії та потребують багато часу для проведення аналізу. Розчинений в біологічно активних розчинах кисень відіграє важливу роль в окисно-відновних процесах. На даний час сенсори кисню використовуються для керування біологічними процесами в ферментаторах та на заводах обробки та переробці біологічних відходів, для моніторингу рівня розчиненого кисню в водах теплових станцій, а також при різних технологічних аналізах. Однак найбільш актуальним є використання таких сенсорів в медичній практиці. В існуючих на даний час сенсорах кисню існує ряд недоліків. Головні їх недоліки- невеликий діапазон потенціалів, при яких можливе вимірювання кисню, низька стабільність. Швидкодія таких сенсорів обмежена часом дифузії кисню через тефлонову мембрану. Плівки на основі діоксиду титану мають низьку перенапругу процесу електровідновлення кисню, достатньо широкий динамічний діапазон потенціалів відновлення кисню, а також багаторазове циклювання потенціалу. Тому потрібно синтезувати нові плівки з іншими модифікаціями для пошуку оптимальних умов проведення вимірювання.

Діоксид титану є перспективним матеріалом для фотоелектрохімічних систем для перетворення сонячної енергії. Однак, для матеріалів на основі TiO_2 недостатньо висока активність фотоелектрохімічних процесів обумовлена низькою фоточутливістю до видимого світла. Отже, актуальним є покращення

електрокаталітичних та фотоелектрохімічних властивостей матеріалів на основі оксиду титану шляхом їх модифікації металами.

Методика одержання наночастинок TiO_2 , модифікованих Nd^{3+} , включала одержання аморфного пероксиду титану з гідроксиду титану і його наступну обробку. При нагріванні аморфного пероксиду титану утворюється золь TiO_2 , модифікований Nd^{3+} , який наносився на Ti - фольгу. В результаті, отримували модифіковані електроди та досліджували їх електрокаталітичні та фотоелектрохімічні властивості.

Для вивчення електрокаталітичних властивостей використовували потенціометричну вольтамперометрію, аналізуючи отримані поляризаційні криві. Основними характеристиками є потенціал на півхвилі ($E_{1/2}$) та ширина електрохімічного вікна (ΔE).

Фотоелектрохімічні властивості – це властивості, які вивчаються під впливом освітлення плівки. При поглинанні фотонів з енергією більше ширини забороненої зони діоксиду титану, електрони збуджуються з валентних зон в зону провідності, утворюється електронно-діркова пара, що дозволяє практично застосовувати плівки при створенні сонячних батарей. Фізико-хімічні властивості напівпровідників обумовлені, насамперед, наявністю в них забороненої зони E_g , тому проводили визначення ширини забороненої зони. А також важливою характеристикою є потенціал плоских зон.

Модифікуванням електродів на основі діоксиду титану модифікованого неодимом підвищувало їх електрокаталітичну активність у процесі електровідновлення кисню, що проявлялося у зміщенні потенціалу напівхвилі струму відновлення кисню E_{12} в анодну сторону.

Електроди на основі плівок $\text{TiO}_2\text{-Nd}$ відрізнялися високою стабільністю в процесі електровідновлення кисню, про що свідчить незмінність їх характеристик при багаторазовому використанні.

З часом електроди стають стабільнішими, а «ширина електрохімічного вікна» збільшується. Кращі електрокаталітичні властивості проявляли плівки TiO_2 з вмістом 3% Nd .

Таблиця 1. Електрокаталітичні характеристики плівок $\text{TiO}_2 / \text{Nd}^{3+}$

№ п/п	Склад зразків	Потенціал на півхвилі відновлення O_2 , $E_{1/2}$, В		Ширина «електрохімічного вікна», ΔE , В	
		Відразу після синтезу	Через проміжок часу	Відразу після синтезу	Через проміжок часу
1	TiO_2	-0,59	-0,58	0,15	0,17
2	$\text{TiO}_2 / 1 \% \text{Nd}^{3+}$	-0,53	-0,53	0,19	0,23
3	$\text{TiO}_2 / 3 \% \text{Nd}^{3+}$	-0,51	-0,52	0,21	0,24
4	$\text{TiO}_2 / 5 \% \text{Nd}^{3+}$	-0,55	-0,55	0,22	0,29

Модифікування TiO_2 електродів неодимом призводить до зсуву енергетичного положення зони провідності, яке визначається потенціалом плоских зон $E_{\text{пз}}$, у сторону більш від'ємних значень. Встановлено залежність електрокаталітичної активності досліджених електродів від енергетичного положення зони провідності.

Підвищення ефективності фотоструму свідчить про введення іонів металів та сприяє кращому розділенню зарядів у плівці TiO_2 та прискорює процес переносу на міжфазній границі поділу, що зумовлено утворенням домішкових електронних рівнів в заборонній зоні діоксиду титану, котрі діють як уловлювач заряду та сповільнюють процеси рекомбінації.

Таблиця 2. Енергетична зона провідності для зразків різного складу

№ п/п	Склад зразків	Потенціал плоских зон $E_{\text{пз}}$, В	Ширина забороненої зони E_g , еВ
1	TiO_2	-0,4	3,1
2	$\text{TiO}_2/1\ \% \text{Nd}^{3+}$	-0,49	3,05
3	$\text{TiO}_2/3\ \% \text{Nd}^{3+}$	-0,55	3,02
4	$\text{TiO}_2/5\ \% \text{Nd}^{3+}$	-0,51	3,03

Встановлено також, що введення іонів неодиму в плівки НТ TiO_2 в 4 рази підвищує квантовий вихід фотоструму електродів в УФ області.

Отже, електроди на основі плівок $\text{TiO}_2/\text{Nd}^{3+}$ відрізняються високою електрокаталітичною активністю і стабільністю при багаторазовому використанні в процесі електровідновлення кисню. Також введення йонів Nd^{3+} в плівки нанодисперсного діоксиду титану підвищує квантовий вихід фотоструму електродів в УФ області, знижує ширину забороненої зони та зменшує потенціал плоских зон. Дані характеристики сприяють подальшому використанню плівок в електрохімічних сенсорах кисню та доводять можливість використання при створенні сонячних батарей.

Список використаних джерел

1. Петухов Д.И. Синтез и исследование свойств пленок пористого TiO_2 , полученных анодным окислением / Петухов Д.И., Колесник И.В., Третьяков Ю.Д. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», № 1(45). – 2007.- С. 65-69.
2. Лыньков Л.М. Легированные оксиды титана и циркония в технологии формирования защитных покрытий /Лыньков Л.М. и др.// Доклады БГУИР.- №3.- 2004.- С.73-84.