

Determination the thickness of semiconductor thin films CdS by inversion voltammetry method

Ruslana Guminilovych¹, Pavlo Shapoval¹,
Yosyp Yatchyshyn¹, Viktor Kusnez²

¹ Analytical Chemistry Department,
Lviv Polytechnic National University, UKRAINE, Lviv,
S. Bandery street 12, E-mail: shapoval@lp.edu.ua

² Physics Department, Lviv Polytechnic National University,
UKRAINE, Lviv, S. Bandery street 12,
E-mail: w_kusnierz@polynet.lviv.ua

Semiconductor photosensitive structures based on cadmium sulfide thin films are widely used in thin-film solar cells. The general introduction of such elements prevents the high cost of their production and, consequently, the high cost of produced electricity through them. The cost of production can be considerably decreased if the technology of thin films will be simple, will not require the use of high temperatures and expensive initial substances.

Availability and inexhaustibility of sun energy is principal reason of searches of the most effective method of its converting into thermal or electric energy which can be used for providing the necessities of mankind. The direct onephasic converting of sun energy into electricity by solar cells (SC) has one important advantage – the same efficiency, whether they are used in small elements – for the feed of photocamera or in large objects – for energy software of living house. The main disadvantage of SC is their expensive and small efficiency. The bulk of the cost of manufacturing technology for SC is getting of photosensitive coating, which is not possible without using of vehicle control on coating thickness and on speed of its growth.

The general method of determining of these parameters are ellipsometric measurement based on processing of experimental data on the change of polarization characteristics of radiation after his reflection from the interface air-film. Such measurements require the considerable costs of time and expensive equipment.

In this paper we proposed the method of determine the thickness of semiconductor thin film cadmium sulfide used as a "window" in the thin-film SC based on heterojunctions, using the method of inversion voltammetry, in order to simplify their researches and increase of informational content.

The received results have good convergence with the results of ellipsometric measurements, which are the general for this type of research.

Визначення товщини напівпровідникових тонких плівок CdS методом інверсійної вольтамперометрії

Руслана Гумінілович¹, Павло Шаповал¹,
Йосип Ятчишин¹, Віктор Куснеж²

¹ Кафедра аналітичної хімії,
Національний університет "Львівська політехніка",
УКРАЇНА, м. Львів, вул. С. Бандери, 12,
E-mail: shapoval@lp.edu.ua

² Кафедра фізики, Національний університет
"Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів,
вул. С. Бандери, 12, E-mail: w_kusnierz@polynet.lviv.ua

Розроблена проста й швидка методика визначення товщини напівпровідникових тонких плівок кадмій сульфід з використанням методу інверсійної вольтамперометрії. Отримані результати мають добру зходимість з результатами еліпсометричних вимірювань, які є загальноприйнятими для такого виду досліджень.

Ключові слова – тонкі плівки, хімічне осадження, інверсійна вольтамперометрія.

I. Вступ

Доступність і невичерпаність сонячної енергії є основною причиною пошуків найефективнішого способу її перетворення у теплову чи електричну енергію, яку можна використати для забезпечення потреб населення. Пряме одностадійне перетворення сонячної енергії в електрику за допомогою сонячних елементів (СЕ) має одну важливу перевагу – однакову ефективність, незалежно від того, використовується вони в малих елементах – для живлення фотокамери чи у великих об'єктах – для енергозабезпечення житлового будинку. Головним недоліком СЕ є їх дороговизна та мала ефективність.

Основну частину вартості виготовлення СЕ складає технологія отримання фоточутливих покриттів, яка не можлива без використання засобів контролю за товщиною покриття і швидкістю його росту.

Загальноприйнятим методом визначення цих параметрів є еліпсометричні вимірювання, які ґрунтуються на обробці експериментальних даних по зміні поляризаційних характеристик випромінювання після його відбивання від межі розділу повітря-плівка [1]. Такі вимірювання вимагають значних затрат часу і дорогого обладнання.

З метою спрощення досліджень і збільшення їх інформативності нами запропоновано методику визначення товщини напівпровідникових тонких плівок кадмій сульфід, які використовуються як "вікно" у тонкоплівкових СЕ на основі гетеропереходів, з використанням методу інверсійної вольтамперометрії.

II. Екпериментальна частина

Плівки CdS осаджували на поверхню попередньо підготовлених оптично однорідних скляних пластинок розміром 22 × 18 мм. Перед осадженням пластинки

поміщали на нагріву до 70 °С поверхню, витримували певний час для вирівнювання температури і наносили на їх поверхню 0,50 см³ робочого розчину, для приготування якого використовували свіжоприготовлені 0,015 М водний розчин CdCl₂, 1,5 М розчин тіомочевини CS(NH₂)₂, 14,28 М розчин амоній гідроксиду NH₄OH. Після нагрівання протягом визначеного часу пластинку знімали, промивали поверхню струменем дистильованої води і сушили на повітрі. Для одержання плівок різної товщини використовували пошарове багатократне осадження.

Товщини плівок CdS та швидкість їх росту визначалась методом інверсійної вольтамперометрії за допомогою аналізатора важких металів АКВ-07МК і порівнювали їх значення з даними, отриманими на еліпсометрі ЛЕФ-3М.

Для проведення вольтамперометричних досліджень плівки CdS розчиняли у 10,00 см³ 0,2 М розчину хлоридної кислоти, визначали концентрацію йонів Cd²⁺ в отриманому розчині і, використовуючи отримані дані, розраховували товщину плівок CdS.

Визначення концентрації проводили методом добавок. Для цього у скловуглецевий стаканчик почергово вносили 20,00 см³ фонового електроліту, 0,10 см³ аналізованого розчину і 0,10 см³ стандартного розчину кадмію з C(Cd²⁺) = 10 мг/дм³.

Фоновий електроліт і стандартний розчин кадмію готували згідно [2]. Скловуглецевий електрод використовували як робочий, а хлоридно-срібний – як електрод порівняння. Після додавання кожного розчину записували вольтамперограми, обробляли їх за допомогою прикладної програми Polar 4.1 і визначали концентрацію Cd²⁺.

Для розрахунку товщини плівок кадмію сульфідну за даними вольтамперометричних вимірювань була виведена формула:

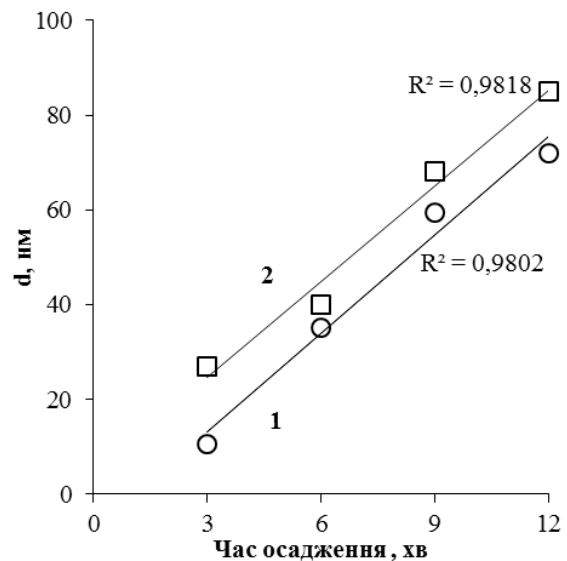
$$d = \frac{C(Cd^{2+}) \cdot V_{np} \cdot 10}{r(CdS) \cdot S} \cdot f \quad [\text{нм}],$$

де C(Cd²⁺) – концентрація Cd²⁺ у пробі, мг/дм³; V_{np} – об'єм досліджуваної проби, см³; ρ – густина CdS, ρ(CdS)=4,82 г/см³; S – площа осадження, см²; f – фактор перерахунку, який чисельно дорівнює

$$f = \frac{M(CdS)}{M(Cd)} = 1,2851.$$

На рисунку наведено залежність товщини d плівок CdS від часу та кількості осаджень, розраховані за даними вольтамперометричних (1) і еліпсометричних (2) вимірювань. Отримані результати вказують на однаковий характер зміни товщини, а дещо менші значення, отримані з використанням методу інверсійної вольтамперометрії пояснюються тим, що за розробленою методикою розраховується товщина абсолютно плоского покриття без врахування шорховатості поверхні. Проведеними раніше дослідженнями [3] було встановлено, що отримані з водного розчину CdCl₂ хімічним осадженням плівки кадмію

сульфіду є суцільними, однорідними, з малою концентрацією дефектів на поверхні. Поверхня плівок упакована кристалічними зернами трьох розмірів, що вказує на щільність упаковки, а шорховатість плівок збільшується при зменшенні розмірів кристалітів.



Залежність товщини d плівок CdS від часу та кількості осаджень: 1 – результати, розраховані за даними вольтамперометричних вимірювань; 2 – результати еліпсометричних вимірювань.

Висновок

Розроблена проста й швидка методика визначення товщини напівпровідникових тонких плівок CdS за допомогою методу інверсійної вольтамперометрії. Отримані результати мають добру схожість з результатами еліпсометричних вимірювань, які є загальноприйнятими для такого виду досліджень. Наступним кроком є визначення впливу умов отримання на шорховатість плівок і робота з метрологічної оцінки методу з метою його стандартизації.

Література

- [1] В.А. Швець, Е.В. Спесивцев, С.В. Рыхлицкий, Н.Н. Михайлов. Эллипсометрия – прецизионный метод контроля тонкопленочных структур с субнанометровым разрешением / Российские нанотехнологии, 2009. – Т.4, № 3-4. – С. 72-84.
- [2] ДСТУ ГОСТ 31262:2009 Продукти харчові та продовольча сировина. Інверсійно-вольтамперометричні методи визначення вмісту токсичних елементів (кадмію, свинцю, міді та цинку) (ГОСТ 31262-2004, ІДТ).
- [3] П.Й. Шаповал, В.В. Кусьнеж, Г.А. Ильчук, Й.Й. Ятчишин. Осадження та властивості тонких плівок CdS. Вопросы химии и химической технологии, 2010. – № 3. – С. 162-165.