



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26018 (13) U

(51) МПК (2006)

G01N 21/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЗАГАСАННЯ СВІТЛА В ПЛІВЦІ ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНОЇ ОДНОПЛІВКОВОЇ СТРУКТУРИ

1

2

(21) u200705526

(22) 21.05.2007

(24) 27.08.2007

(46) 27.08.2007, Бюл. № 13, 2007 р.

(72) Кособуцький Петро Сидорович, Кушнір Олег Павлович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

(57) Спосіб визначення показника загасання світла в плівці плоскопаралельної одноплівкової структури, згідно з яким вибирають інтервал довжин хвиль при нормальному падінні світла на поверхню структури, який відрізняється тим, що вимірюють залежність коефіцієнта відбивання світла від довжини світлової хвилі та визначають значення коефіцієнта відбивання в максимумі смуги інтерференції по обвідній максимумів при двох довільних значеннях довжини хвилі  $R_{\max}(\lambda_1)$  і $R_{\max}(\lambda_2)$ , а значення коефіцієнта відбивання в мінімумі смуги інтерференції визначають по обвідній мінімумів при цих самих значеннях довжини хвилі  $R_{\min}(\lambda_1)$  і  $R_{\min}(\lambda_2)$ , і показник загасання визначають за формулою

$$\chi = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{4 \pi d (\lambda_2 - \lambda_1)} \ln \left( \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}} \cdot \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}} \right),$$

де  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ , - два довільні значення довжини хвилі, при яких проводились вимірювання коефіцієнта відбивання світла від плоскопаралельної одноплівкової структури;  $d$  - товщина плівки;  $R_{\max}(\lambda_1)$  і  $R_{\max}(\lambda_2)$  - значення обвідної максимумів при довжинах хвиль  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ ;  $R_{\min}(\lambda_1)$  і  $R_{\min}(\lambda_2)$  - значення обвідної мінімумів при довжинах хвиль  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ .

Корисна модель відноситься до оптики, зокрема до способів визначення параметрів діелектричних плівок.

Відомий спосіб визначення показника загасання світла в плівці плоскопаралельної одноплівкової структури, згідно якого вибирають інтервал довжин хвиль при нормальному падінні світла на поверхню структури [Б.Б. Мешков, П.П. Яковлев. Определение параметров поглощающих пленок. Опт. журн., 70, №10 (2003) 88-90]. Однак, для цього необхідно використовувати як мінімум два зразки і вимірювати коефіцієнт пропускання при двох кутах падіння світла в s- і р-поляризації.

Відомий інший спосіб визначення показника загасання світла в плівці плоскопаралельної одноплівкової структури, згідно якого вибирають інтервал довжин хвиль при нормальному падінні світла на поверхню структури [J.E. Nestell, R.W. Christy. Derivation of optical constants of metals from thin-film measurements at oblique incidens. Appl. Opt, 11, №3 (1972) 643-651]. Однак і цей спосіб також вимагає проведення різних вимірювань коефіцієнта пропу-

скання в р-поляризації і не дозволяє визначити показник загасання з високою точністю.

В основу корисної моделі поставлене завдання створення способу визначення показника загасання світла в плівці плоскопаралельної одноплівкової структури, який за рахунок нових дій дозволив би однозначно і з високою точністю визначити цей показник загасання.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі визначення показника загасання світла в плівці плоскопаралельної одноплівкової структури, згідно якого вибирають інтервал довжин хвиль при нормальному падінні світла на поверхню структури, згідно корисної моделі, вимірюють залежність коефіцієнта відбивання світла від довжини світлової хвилі та визначають значення коефіцієнта відбивання в максимумі смуги інтерференції по обвідній максимумів при двох довільних значеннях довжини хвилі  $R_{\max}(\lambda_1)$  і  $R_{\max}(\lambda_2)$ , а значення коефіцієнта відбивання в мінімумі смуги інтерференції визначають по обвідній мінімумів при цих самих значеннях довжини хвилі  $R_{\min}(\lambda_1)$  і

(13) U

(11) 26018

(19) UA

$R_{\min}(\lambda_2)$  і показник загасання визначають за формулою

$$\chi = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{4\pi d(\lambda_2 - \lambda_1)} \ln \left( \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}} \cdot \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}} \right),$$

де  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  - два довільні значення довжини хвилі, при яких проводились вимірювання коефіцієнта відбивання світла від плоскопаралельної одноплівкової структури;  $d$  - товщина плівки;  $R_{\max}(\lambda_1)$  і  $R_{\max}(\lambda_2)$  значення обвідної максимумів при довжинах хвиль  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ ;  $R_{\min}(\lambda_1)$  і  $R_{\min}(\lambda_2)$  - значення обвідної мінімумів при довжинах хвиль  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ .

Визначення значень коефіцієнта відбивання в максимумі смуги інтерференції при двох довільних значеннях довжини падаючої світлової хвилі по обвідній максимумів, а також значень коефіцієнта відбивання в мінімумі смуги інтерференції при цих самих значеннях довжини хвилі по обвідній мінімумів дозволяє однозначно і з високою точністю визначити показник загасання.

Значення обвідної максимумів

$$R_{\max} = \left( \frac{\sigma_{12} + \Theta}{1 + \sigma_{12}\Theta} \right)^2, \text{ а значення обвідної}$$

мінімумів

$$R_{\min} = \left( \frac{\sigma_{12} - \Theta}{1 - \sigma_{12}\Theta} \right)^2, \text{ де}$$

$\Theta = \sigma_{23} \exp(i\ln \tilde{\delta})$ ,  $\tilde{\delta} = \frac{4\pi d}{\lambda} (n - i\chi)$  - комплексна фазова товщина шару,  $n$  і  $\chi$  - показники заломлення і загасання плівки,  $\sigma_{12,23}$  - модулі френелівських коефіцієнтів відбивання від меж розділу 1-2 (зовнішнє середовище - плівка) і 2-3 (плівка - підкладка).

Тоді, ввівши функцію

$$W_R = \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda)}} = \frac{(1 - \sigma_{12}^2)}{\sigma_{12}(1 - \Theta^2)} \text{ і врахува-$$

вши, що

$$\Theta^2 \ll 1, \text{ представимо цю функцію у вигляді}$$

$$W_R \approx \frac{(1 - \sigma_{12}^2)}{\sigma_{12}} \Theta \text{ або}$$

$$\ln W_R \approx \ln \left[ \frac{\sigma_{23}}{\sigma_{12}} (1 - \sigma_{12}^2) \right] + \ln \tilde{\delta} = \ln \left[ \frac{\sigma_{23}}{\sigma_{12}} (1 - \sigma_{12}^2) \right] - \frac{4\pi d}{\lambda} \chi$$

Записавши останнє рівняння для двох різних довжин хвиль, отримаємо потрібний вираз для показника загасання.

Пропонований спосіб більш простіший та дозволяє з врахуванням закономірностей формування обвідних спектрів багатопроменевої інтерференції однозначно і з високою точністю визначити показник загасання в плівці.

На Фіг. зображено значення коефіцієнта відбивання, які відповідають його максимумам і мінімумам і залежність обвідної максимумів  $R_{\max}(\lambda)$  і мінімумів  $R_{\min}(\lambda)$  від довжини хвилі в р-поляризації для пластинки селеніду цинку.

Спосіб визначення показника загасання світла в плівці плоскопаралельної одноплівкової структури здійснюють так.

1. Вимірюють залежність коефіцієнта відбивання світла від довжини світлової хвилі при його нормальному падінні на поверхню.

2. Визначають значення коефіцієнта відбивання в максимумі смуги інтерференції по обвідній максимумів при двох довільних значеннях довжини хвилі  $R_{\max}(\lambda_1)$  і  $R_{\max}(\lambda_2)$ , а по обвідній мінімумів визначають значення коефіцієнта відбивання в мінімумі смуги інтерференції при цих самих значеннях довжини хвилі  $R_{\min}(\lambda_1)$  і  $R_{\min}(\lambda_2)$ .

3. Показник загасання визначають за формулою

$$\chi = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{4\pi d(\lambda_2 - \lambda_1)} \ln \left( \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}} \cdot \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}} \right),$$

де  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  - два довільні значення довжини хвилі, при яких проводились вимірювання коефіцієнта відбивання;  $d$  - товщина плівки.

Приклад конкретного виконання

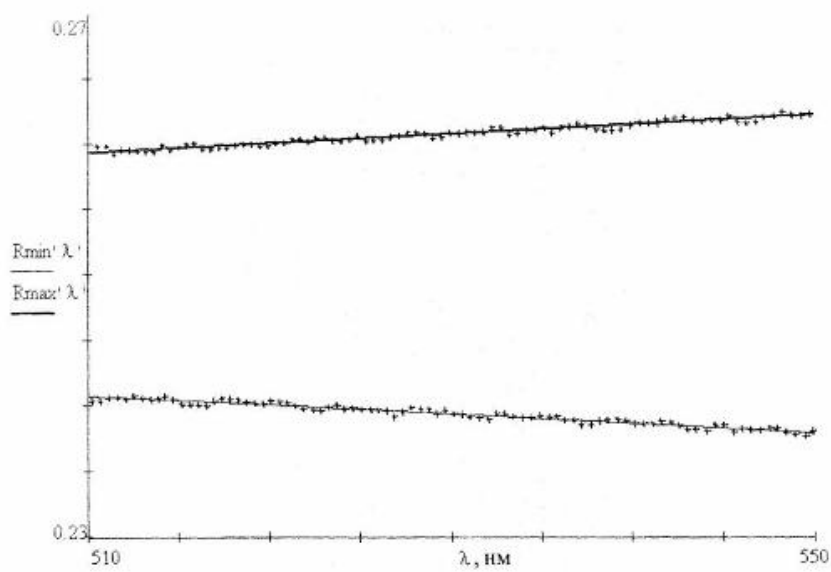
Використовували пластинку селеніду цинку товщиною  $d=100\text{мкм}$ . Експериментально вимірювали залежність коефіцієнта відбивання світла від довжини світлової хвилі при його нормальному падінні на поверхню. Визначили значення коефіцієнта відбивання в максимумі смуги інтерференції  $R_{\max}(\lambda)$  по обвідній максимумів і значення коефіцієнта відбивання в мінімумі смуги інтерференції  $R_{\min}(\lambda)$  по обвідній мінімумів (Фіг.) для всіх значень довжини

світлової хвилі в інтервалі від 510 до 550нм. Використавши значення коефіцієнта відбивання в максимумі смуги інтерференції при двох довільних значеннях довжини хвиль  $\lambda_1 = 520\text{нм}$  і  $\lambda_2 = 540\text{нм}$ :

$R_{\max}(\lambda_1) \approx 0.2600$  і  $R_{\max}(\lambda_2) \approx 0.2615$ , а також значення коефіцієнта відбивання в мінімумі смуги інтерференції при цих самих значеннях довжини хвилі  $R_{\min}(\lambda_1) \approx 0.2400$  і  $R_{\min}(\lambda_2) \approx 0.2386$ , визначили показник загасання в плівці за формулою

$$\chi = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{4\pi d(\lambda_2 - \lambda_1)} \ln \left( \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_1)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_1)}} \cdot \frac{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} + \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}}{\sqrt{R_{\max}(\lambda_2)} - \sqrt{R_{\min}(\lambda_2)}} \right):$$

$$\chi \approx 1.5 \times 10^{-3}.$$



Фиг.