

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ  
ТОНКИХ ПЛЕНОК МОНООКСИДИ КРЕМНИЯ

Я. М. ПОГОСЯН, К. А. ЕГИЯН

Описывается интерференционный метод измерения показателя преломления тонких прозрачных пленок. Приводятся данные по дисперсии показателя преломления пленок монооксида кремния.

В связи с широким использованием SiO в пленочной электронике физические свойства этих пленок представляют большой интерес. Поскольку пленки SiO, получаемые вакуумным напылением аморфны, то контроль качества пленок осуществляется лишь по электрическим параметрам—пробивному напряжению, диэлектрической постоянной и тангенсу угла диэлектрических потерь. Показатель преломления ( $n$ ) является одним из физических параметров, связанных как со структурой пленок, так и с диэлектрическими свойствами ее, и контроль  $n$  может дать дополнительные сведения о происходящих в пленках структурных изменениях.

В данной работе определялась дисперсия показателя преломления пленок SiO, полученных вакуумным напылением.

Образцы пленок были получены вакуумным напылением монооксида кремния в вакууме  $\sim 10^{-5}$  мм рт ст со скоростью  $\sim 20$  Å/сек, температура подложки 150—200°C. Напыление производилось на ситалловые подложки с чистотой поверхности по 13 классу. Пленка напылялась через трафарет, имеющий заостренный под острым углом край, что позволяло получать резкую ступеньку.

При освещении прозрачной пленки нормально к подложке параллельным пучком белого света за счет отражения от поверхностей воздух—пленка и пленка—подложка должны возникнуть интерференционные полосы. Условие интерференции без учета фазовых искажений может быть записано в виде

$$2d = \frac{k_0 \lambda_0}{n_0} = \frac{(k_0 + 1) \lambda_1}{n_1} = \frac{(k_0 + m) \lambda_m}{n_m}, \quad (1)$$

где  $d$  — толщина пленки,

$\lambda_0, \lambda_1 \dots \lambda_m$  — длины волн интерференционных максимумов,

$n_0, n_1 \dots n_m$  — коэффициенты преломления, соответствующие указанным длинам волн;

$k_0$  — порядок интерференции.

Из уравнения (1), зная длины волн смежных интерференционных полос, можно определить или толщину пленки при известной дисперсии  $n$  [1], или дисперсию  $n$ , если известна толщина пленки. Применяемая аппаратура для получения интерференционных полос позволяет также с большой точностью определить и толщину пленки методом

полос равного хроматического порядка [2—4], в связи с чем без существенных затруднений возможно определить  $n$  с большой точностью. Высокая точность методики определяется и тем, что здесь как толщина, так и  $n$  определяются на одном и том же локальном участке пленки. В работе использовалась установка, описанная в [4]. Сначала на фиксированном участке, захватывающем резкий край пленки SiO, снималась интерферограмма (рис. 1а). Затем поверхность образца покрывалась непрозрачным слоем серебра и по полосам равного хроматического порядка определялась толщина пленки. Поскольку толщина исследуемых образцов была больше  $\lambda$ , с целью исключения влияния фазовых искажений и неточности определения порядка интерференции путем изменения воздушного зазора оптического клина добивались совпадения длин волн интерференционных полос верхней и нижней ступеньки, по крайней мере, для одной длины волны.

Естественно, из-за дисперсии фазового сдвига при отражении света от серебряной поверхности второе совпадение невозможно [5, 6]. Спектрограмма такого случая приводится на рис. 1б.

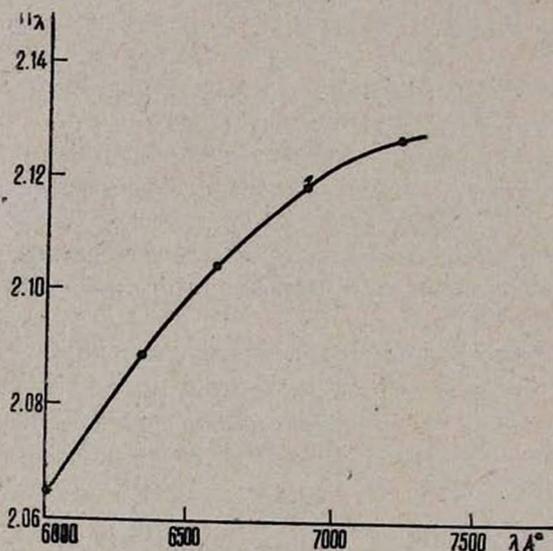


Рис. 2. Дисперсионная зависимость показателя преломления  $n$ .

Для совпадающей пары полос имеем [2]

$$d = \frac{\lambda_1}{2} (k - m), \quad (2a)$$

где  $\lambda_1$  — длина волны совпадающих полос от верхней и нижней ступеньки,

$k$  — порядок интерференции полосы от верхней ступеньки,  
 $m$  — от нижней ступеньки.

Для почти совпадающей пары полос имеем

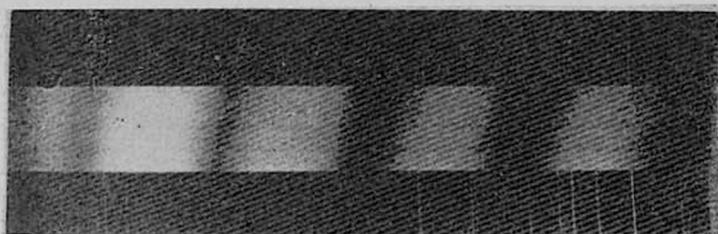


Рис. 1а. Интерферограмма, полученная по пленке SiO с  $d \approx 4 \mu$ .

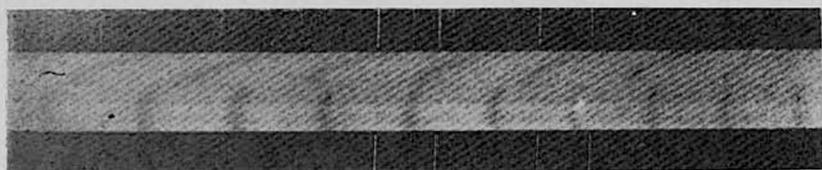


Рис. 1б. Полосы равного хроматического порядка при высоте ступеньки  $\approx 4 \mu$ .



$$d = \frac{\lambda_{\text{эфф}}}{2} (k - m - 1). \quad (26)$$

Нахождение  $\lambda_{\text{эфф}}$  описывается в работе [7]. Определив из уравнения (2а) и (26) разность порядков  $k - m$ , можно оценить толщину пленки  $d \approx 34067 \text{ \AA}$ . При этом, естественно, допускается ошибка, приводящая вместе с ошибкой в определении  $\lambda$  к нецелым значениям порядка интерференции, которые были округлены до ближайшего целого числа. По значениям  $d$ ,  $\lambda_m$ , и  $k_m$  определялись соответствующие  $n_\lambda$ . Дисперсионная кривая  $n_\lambda$  приводится на рис. 2. Полученные значения  $n$  хорошо согласуются со значениями, определенными методом Абелеса в работе [8].

Ошибка в определении  $n$  может быть оценена, допуская, что толщина пленки определяется с точностью  $\pm 10 \text{ \AA}$  [7], а длина волны интерференционных полос —  $\pm 5 \text{ \AA}$ . В этом случае ошибка составляет  $\pm 0,1\%$ .

Ереванский государственный  
университет

Поступила 2.IV.1968

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. F. Riezman, J. Appl. Phys., 36, 3806 (1965).
2. И. Н. Шкляревский, Опт. и спектр., 5, 617 (1958).
3. Ch. Koester, J. Opt. Soc. Am., 48, 225 (1958).
4. Я. М. Полюсян, К. А. Егиян, А. О. Солахян, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, XVI, 131 (1963).
5. И. Н. Шкляревский, Э. Т. Верховцева, Г. Н. Полякова, Опт. и спектр., 7, 566 (1959).
6. W. E. Koehler, J. Opt. Soc. Am., 48, 55 (1958).
7. Я. М. Полюсян, П. А. Безириания, Т. А. Полюсян (в печати).
8. G. Siddall, Vacuum, 9, 274 (1960).

#### ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ՄՈՆՈՔՍԻՂԻ ԲԱՐԱԿ ԹԱԿԱՆՔՆԵՐԻ ԲԵԿՄԱՆ ՑՈՒՑԻԶԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Յա. Մ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Կ. Ա. ԵՂԻՑԱՆ

Սիլիցիումի մոնոքսիդի լայն կիրառությունը թաղանթային էլեկտրոնիկայում պատճառ է հանդիսանում նրանց ֆիզիկական հատկությունների ուսումնասիրմանը:

Բեկման ցուցիչը ֆիզիկական այն պարամետրերից է, որը կապված է ինչպես թաղանթների ստրուկտուրայի, այնպես էլ նրանց դիէլեկտրիկ հատկությունների հետ:

Այս աշխատության մեջ ինտերֆերոմետրիկ մեթոդով որոշվում է վակուումային գոլորշացումով ստացված սիլիցիումի մոնոքսիդի թաղանթների բեկման ցուցիչի դիսպերսիան:

Թափանցիկ թաղանթը՝ տակդիրի նկատմամբ նորմալ ընկնող սպիտակ լույսի զուգահեռ փնջով լուսավորելիս օդ-թաղանթ և և թաղանթ-տակդիր մակերևույթներից անդրադարձման հետևանքով առաջանում են ինտերֆերենցիոն շերտեր: Ինտերֆերենցիայի պայմանը կարելի է գրել հետևյալ ձևով:

$$2d = \frac{k_0 \lambda_0}{n_{\lambda_0}} = \frac{(k_0 + 1) \lambda_1}{n_{\lambda_1}} = \dots = \frac{(k_0 + m) \lambda_m}{n_{\lambda_m}} \quad (1)$$

որտեղ  $d$ -ն թաղանթի հաստութիւնն է,

$\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_m$ —ինտերֆերենցիոն մաքսիմումների ալիքի երկարութիւններն են,  $n_{\lambda_0}, n_{\lambda_1}, \dots, n_{\lambda_m}$ —նշված ալիքների երկարութիւններին համապատասխանող բեկման ցուցիչներն են,

$k_0$ —ինտերֆերենցիայի կարգն է:

(1) հավասարումից, դիտենալով կից ինտերֆերենցիոն շերտերի ալիքների երկարութիւնները, կարելի է որոշել  $n$ -ի դիսպերսիան, երբ հայտնի է թաղանթի հաստութիւնը: Վերջինը որոշվում է խրոմատիկական հավասար կարգի շերտերի մեթոդով, մոտավորապես  $\pm 10 \text{ \AA}$  ճշտութեամբ, երբ թաղանթի հաստութիւնը  $\sim 4\mu$ : Բացի այդ,  $n$ -ի որոշման մեծ ճշտութիւնը պայմանավորվում է նրանով, որ  $k$   $d$ -ն,  $k$   $n$ -ը որոշվում են թաղանթի նույն մասում:  $n$ -ի որոշման ժամանակ սխալի դնահատումը տալիս է  $\pm 0,1\%$  արժեքը:

Տրվում է այդ թաղանթների բեկման ցուցիչի դիսպերսիոն կախումը:

## REFRACTIVE INDEX MEASUREMENT OF SiO THIN FILMS

J. M. POGOSSIAN and K. A. EGUIAN

An interference method for the refractive index measurement of thin films is described. The results on refractive index dispersion of SiO films are given.