

06;07

## Неразрушающий контроль характеристик пористого карбида кремния

© В.Б. Шуман, Н.С. Савкина

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург  
E-mail: nata.sav@pop.ioffe.rssi.ru

Поступило в Редакцию 14 июня 2002 г.

Показана возможность неразрушающего контроля пористости и толщины пористого слоя карбида кремния в случае, если известна убыль веса образца при электролитическом травлении, а в спектре отражения наблюдается интерференция.

Основные характеристики пористого слоя — толщина и пористость. При исследовании пористого кремния толщину слоя  $h$  легко находят, травливая пористый слой в слабом растворе КОН [1], а пористость  $P$  определяют гравиметрически:

$$P = \frac{\Delta M}{Shd}, \quad (1)$$

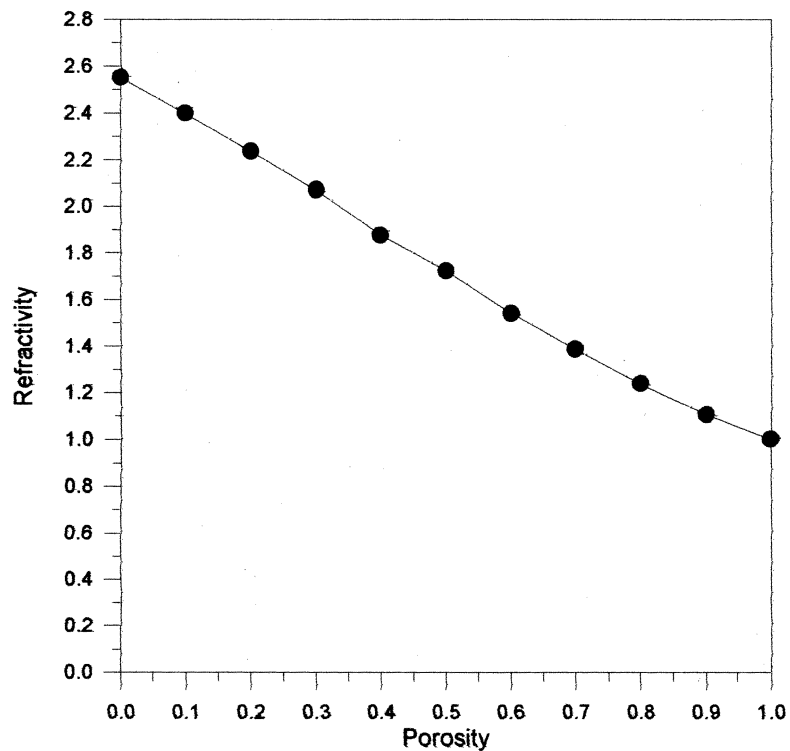
где  $\Delta M$  — убыль веса образца при электрохимическом травлении,  $S$  — площадь пористого слоя,  $d$  — удельный вес кремния.

В случае пористого карбида кремния (ПКК) легко удалить пористый слой не удается, поэтому приходится делать скол и находить толщину ПКК с помощью электронного микроскопа. Однако для случая, когда в спектре отражения наблюдается интерференционная картина, можно предложить следующий неразрушающий метод одновременного определения величин  $P$  и  $h$ .

Если  $\nu_1$  и  $\nu_2$  — волновые числа, соответствующие соседним максимумам в спектр отражения, то, как известно, толщина пористого слоя

$$h = \frac{1}{2n_{ef}} (\nu_1 - \nu_2)^{-1}, \quad (2)$$

где  $n_{ef}$  — коэффициент преломления пористого SiC, зависящий от пористости и отличный от  $n_0$  — коэффициента преломления монокристаллического SiC.



Зависимость коэффициента преломления пористого карбида кремния от пористости.

Для вычисления  $n_{ef}$  может быть использована модель эффективной среды Бруггемана, которая позволяет вычислить эффективную диэлектрическую проницаемость  $\epsilon_{ef}$  среды, состоящей из  $N$  компонентов, если известны объемные доли ( $f$ ) и диэлектрические проницаемости ( $\epsilon$ ) всех компонентов [2]. Для двухкомпонентной среды (SiC и воздух в порах) эта модель дает соотношения

$$f_1 + f_2 = 1, \quad (3)$$

$$f_1 \frac{\epsilon_1 - \epsilon_{ef}}{\epsilon_1 + 2\epsilon_{ef}} + f_2 \frac{\epsilon_2 - \epsilon_{ef}}{\epsilon_2 + 2\epsilon_{ef}} = 0. \quad (4)$$

В нашем случае объемная доля воздуха в порах  $f_1 = P$ ,  $\varepsilon_1 = 1$ ; объемная доля SiC равна  $f_2 = 1 - P$ . Считая для SiC, как для Si в [2],  $\text{Re}[(n_0 - ik)^2] \cong n_0^2$  (где  $k$  — коэффициент экстинкции), получим из (4) соотношение

$$\frac{P(1 - n_{ef}^2)}{1 + 2n_{ef}^2} + \frac{(1 - P)(n_0^2 - n_{ef}^2)}{n_0^2 + 2n_{ef}^2} = 0. \quad (5)$$

Вычисленная из (5) зависимость  $n_{ef}$  от пористости SiC приведена на рисунке. Эта зависимость линейна при  $P < 0.3$  и близка к линейной при  $P > 0.3$ , поэтому примем

$$n_{ef} \approx n_0 - (n_0 - 1)P. \quad (6)$$

Используя (1) и (6), из (2) получаем для толщины ПКК

$$h = \frac{1}{n_0} \left[ \frac{1}{2(v_1 - v_2)} + (n_0 - 1) \frac{\Delta M}{Sd} \right], \quad (7)$$

после чего пористость вычисляем по формуле (1).

Таким образом, зная убыль веса при травлении и получив интерференционную картину в спектре отражения, можно неразрушающим способом определить характеристики ПКК.

Получено хорошее совпадение толщин слоев ПКК, измеренных с помощью сканирующего электронного микроскопа, с результатами расчета по формуле (7) для образцов, у которых в спектре отражения в интервале длин волн  $2.5 \div 10 \mu\text{m}$  наблюдалась интерференционная картина (измерения проводились на спектрофотометре ИКС-29). Данная формула расчета применима для всех полупроводников, у которых пористый слой представляет собой двухкомпонентную среду.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 01-02-17907.

## Список литературы

- [1] *Mazzoleni C., Pavesi L.* // Appl. Phys. Lett. 1995. V. 67. (20). P. 2983–2985.
- [2] *Zangoie S., Persson P.O.A., Hilfiken J.N., Hulfman L., Arwin H.* // J. Appl. Phys. 2000. V. 87. (12). P. 8497–8503.