

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НИТРИДА КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

И.А. Романов, И.М. Климович, Ф.Ф. Комаров, В.А. Зайков,  
И.Н. Пархоменко, Л.А. Власукова, В.Н. Кулешов

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: [romivan@bsu.by](mailto:romivan@bsu.by)

В последние годы активно ведутся исследования нестехиометрических пленок нитрида кремния как перспективного материала для разработки светодиодных и фотодиодных структур, совместимых с кремнием. Одним из возможных способов получения пленок  $\text{SiN}_x$  является метод реактивного магнетронного распыления (РМР). В настоящей работе представлены результаты исследования оптических свойств нестехиометрических пленок нитрида кремния, полученных методом РМР.

Пленки нитрида кремния (MN1, MN2, MN3) с различным соотношением компонент N/Si наносились на стеклянные подложки методом реактивного магнетронного распыления с использованием кремниевой мишени в смеси азота и аргона. Время распыления выбиралось равным 3 мин. Химический состав осаждаемых пленок контролировался путем изменения парциальных давлений аргона и азота при постоянном давлении в камере, равном  $7,0 \cdot 10^{-2}$  Па. Измерения оптических параметров для вычисления толщины и показателя преломления пленок  $\text{SiN}_x$  проводились на эллипсометре ЛЭФ-3М на длине волны лазера 632,8 нм. Из спектров поглощения слоев  $\text{SiN}_x$  по методу Тауца вычислялась ширина оптической запрещенной зоны  $E_g$ . Спектры фотолюминесценции (ФЛ) возбуждались He-Cd лазером с длиной волны 325 нм при комнатной температуре.

В таблице 1 приводятся данные показателя преломления ( $n$ ), толщины ( $d$ ) и скорости напыления пленок  $\text{SiN}_x$ . С уменьшением парциального давления азота в процессе осаждения наблюдался рост показателя преломления и скорости напыления нитридных слоев. В работе [1] предложена модель, которая позволяет вычислить параметр  $x$  на основании линейной комбинации показателей преломления аморфного кремния ( $n_{a-Si}$ ) и аморфного нитрида кремния ( $n_{a-Si_3N_4}$ ):

$$x = \frac{4}{3} \times \frac{n_{a-Si} - n}{n + n_{a-Si} - 2n_{a-Si_3N_4}}$$

Показатель преломления аморфного кремния  $n_{a-Si} = 4,37$  и показатель преломления аморфного нитрида кремния  $n_{a-Si_3N_4} = 1,83$  взяты из [2]. Согласно предложенной модели, наиболее близкой к стехиометрическому

составу нитрида кремния является пленка MN2, пленка MN1 содержит избыточные атомы азота, пленка MN3 избыточные атомы кремния по сравнению со стехиометрическим  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

Таблица 1

№ образца	$n$	$d$ , нм	$x$	Скорость напыления, нм/мин
MN1	1,71	96	1,5	32
MN2	1,80	135	1,4	45
MN3	2,31	187	0,9	62

В таблице 2 приводятся данные края поглощения ( $E_g$ ), положение максимума спектра ФЛ ( $\text{PL}_{\text{max}}$ ), полной ширины на полувысоте спектра ФЛ (FWHM), а также относительной интенсивности пика ФЛ ( $\text{PL}_{\text{int}}$ ).

Таблица 2

№ образца	$x$	$E_g$ , эВ, (нм)	$\text{PL}_{\text{max}}$ , нм	FWHM, нм	$\text{PL}_{\text{int}}$
MN1	1,5	3,5 (355)	465	115	0,3
MN2	1,4	3,4 (365)	487	155	1
MN3	0,9	1,6 (775)	507	190	0,07

Из представленных данных видно, что край поглощения света и максимум спектра ФЛ смещаются в красную область с увеличением атомной доли кремния в пленках. Такой характер зависимости эмиссионных свойств аморфных пленок  $\text{SiN}_x$  от состава объясняется с привлечением модели краевой люминесценции [3]. Спектр ФЛ образца MN3 характеризуется наименьшей интенсивностью. Вероятно, это связано с тем, что в случае энергии лазера, намного большей энергии края поглощения пленки, растет вероятность безызлучательной рекомбинации [4]. Уширение полосы спектра ФЛ с ростом концентрации кремния в пленках на первый взгляд противоречит модели краевой люминесценции аморфных полупроводников. Однако этот эффект можно объяснить возрастанием структурной неоднородности с увеличением скорости напыления пленки [3].

Работа выполнена при частичной поддержке ГКНТ (грант Ф17КИГ-005).

1. Bustarret E., Bensouda E.M., Habrard M.C. et al. // Physical Review B. 1988. V. 38, № 12. P. 8171.
2. Debieu O., Nalini R.P., Cardin J. et al. // Nanoscale research letters. 2013. V. 8, № 1. P. 31.
3. Kistner J., Chen X., Weng Y., et al. // J. Appl. Phys. 2011. V. 110. P. 023520.
4. Rose A. // Physical Review. 1955. V. 97, №. 2. P. 322.