

УДК 535.51

## ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СЛОЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И НИТРИДА КРЕМНИЯ

Н. И. СТАСЬКОВ, А. Н. ПЕТЛИЦКИЙ, Н. А. КРЕКОТЕНЬ  
УО «МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. А. Кулешова»  
ОАО «ИНТЕГРАЛ»  
Могилев, Минск, Беларусь

Для формирования туннельного диэлектрика в однократно программируемых схемах памяти на кремниевую (сSi) подложку поочередно наносят два слоя оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), разделенные слоем нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), и слой металла. В полученном МОНОП-элементе образуется слой подзатворного диэлектрика или так называемый ОНО слой. Толщина каждого нанесенного слоя в ОНО-структуре составляет не более 5 нм [1]. Для исследования распределения концентрации атомов Si, O и N от поверхности вглубь слоя ОНО используют разрушающие методы Оже и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS). В данном сообщении затрагивается одна из проблем диагностики вещественного состава слоя в ОНОП-структуре с помощью спектральной эллипсометрии. Для приготовления образцов высокоочищенные подложки КДБ12 окисляли в течение 2 мин при температуре 800 °С в атмосфере газов  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  на установке Arøgeе фирмы «Kokusai». Слой  $\text{Si}_3\text{N}_4$  осаждали на оксидном слое в течение 24 мин при температуре 700 °С в атмосфере газов  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{NH}_3$  на установке Arøgeе Type G. Третий слой  $\text{SiO}_2$  был получен путем пятнадцатиминутного пирогенного окисления структуры при температуре 850 °С в атмосфере газов  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  на установке Arøgeе фирмы «Kokusai».

Спектры поляризационных углов  $\psi(\lambda)$  и  $\Delta(\lambda)$  образцов измеряли в области длин волн ( $\lambda$ ) от 200 нм до 700 нм при углах падения 70° и 73° на спектральном эллипсометре UVISEL2 Horiba (Horiba-Jobin Yvon, Longjumeau, Франция). Эти же образцы исследовались на сканирующем рентгеновском фотоэлектронном спектрометре. На рис. 1 для одного образца приведены XPS спектры, характеризующие распределение концентрации атомов Si, нитрида кремния, оксида кремния и связей Si-O от поверхности вглубь слоя ОНО. По этим данным неоднородный слой имеет толщину  $\approx 10$  нм (100 Å). Объемная доля  $\text{Si}_3\text{N}_4$  линейно уменьшается до середины слоя, а объемная доля  $\text{SiO}_2$  увеличивается, достигает максимума и уменьшается. Для определения толщины и вещественного состава слоя ОНО методом эллипсометрии использовали пяти параметрическую электродинамическую модель, которая включала поглощающий слой на поглощающей подложке. Допускали, что тонкие слои могут быть заполнены только средой Лорентца – Лоренца.

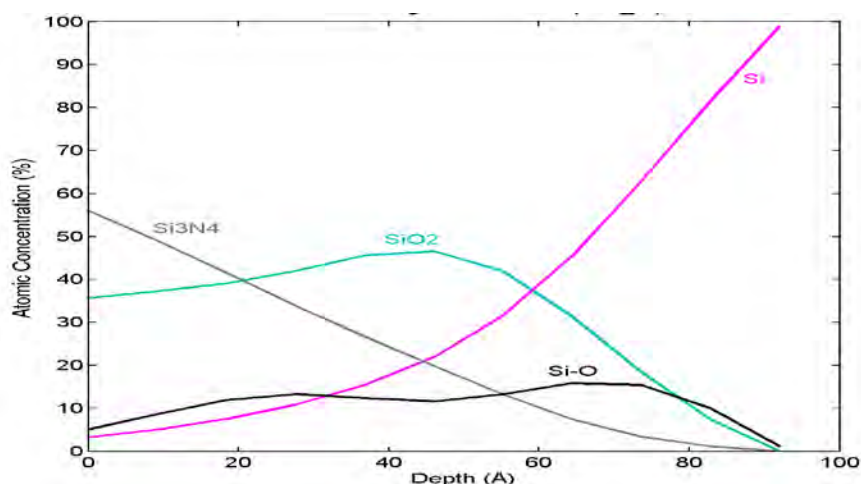


Рис. 1. Состав слоя ОНО по глубине

Показатели преломления ( $n$ ) и поглощения ( $k$ )  $\text{SiO}_2$  (соответствующие кривые 1 и 2 на рис. 2, а) и  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (кривые 3 и 4) использовали для расчетов эффективных показателей преломления среды Лорентц – Лоренца (кривые 5 и 6). На рис. 2, б приведены измеренные при  $70^\circ$  и  $73^\circ$  (кривые 1, 3) и соответствующие рассчитанные (кривые 2, 4) эллипсометрические углы  $\psi(\lambda)$  и  $\Delta(\lambda)$ .

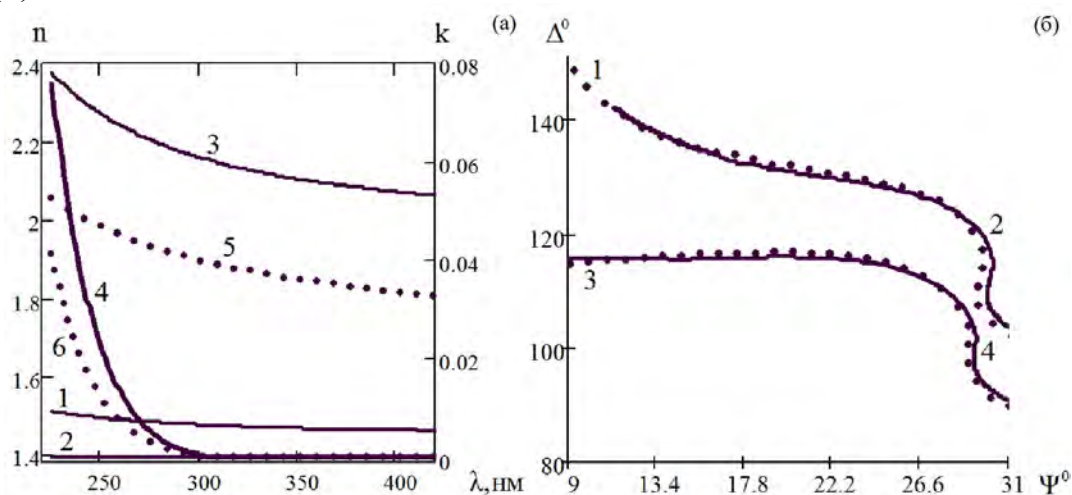


Рис. 2. Спектры оптических характеристик (а) и поляризационные углы (б) слоя ОНО на подложке КДБ12

Наименьшая невязка между ними достигается при условии, что объемные доли компонент слоя ОНО в формуле Лорентц – Лоренца зависят от длины волны. Это можно объяснить зависимостью глубины проникновения света в неоднородную среду от длины волны и угла падения при отражении. Толщина неоднородного слоя ОНО 12,8 нм.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гриценко, В. А. Структура границ раздела кремний /оксид и нитрид/ оксид / В. А. Гриценко // Успехи физических наук. – 2009. – Т. 179. – № 9. – С. 921–930.