

УДК535:2
МНОГОУГЛОВАЯ ЭЛЛИПСОМЕТРИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО
КРЕМНИЯ НА КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ С ОКСИДНЫМ СЛОЕМ

Н. И. СТАСЬКОВ, Н. А. КРЕКОТЕНЬ, А. В. ШИЛОВ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

Кремниевые многослойники широко используются в интегральной микроэлектронике. Качество работы приборов зависит от структуры слоя поликристаллического кремния (pSi) и наличия вредных поверхностных и переходных слоев. Процесс получения $pSi - SiO_2 - cSi$ начинается с обработки подложек (cSi). Наиболее эффективный процесс очистки с целью удаления естественного поверхностного слоя протекает в растворах на основе перекиси водорода. При быстром термическом отжиге в сухом кислороде на поверхности подложки образуется слой диоксида кремния (SiO_2). Затем, на слой SiO_2 осаждается слой pSi . Ранее [1] обсуждалось влияние параметров слоев кремниевой структуры на измеряемые спектральные характеристики. В данном сообщении приводятся результаты многоуглового эллипсометрического контроля параметров основных (pSi, SiO_2) и паразитных переходных (воздух- $pSi, pSi - SiO_2, SiO_2 - cSi$) слоев.

Авторы рассмотрели две электродинамические модели – двухслойную (технологическую) и пятислойную (реальную). Для определения вещественного состава слоёв использовали модель Максвелла – Гарнетта – Бруггемана, в которой матрица с диэлектрической проницаемостью ϵ_0 заполнена на f_1 % наночастицами с ϵ_1 и на f_2 % наночастицами с ϵ_2 . Доля материала матрицы в слое $f_3 = (100 - f_1 - f_2)$ %.

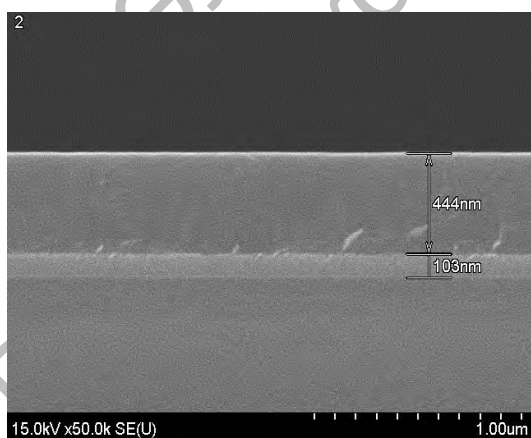


Рис. 1. Структура $pSi - SiO_2 - cSi$

Поверхностный слой моделировался смесью диоксида кремния и пустот. Слой поликристаллического кремния представлялся матрицей аморфного кремния (αSi), которая заполнялась кристаллическим кремнием и воздухом. Переходные слои $pSi - SiO_2$ и $SiO_2 - cSi$ рассматривали как физические смеси аморфного кремния, кристаллического кремния и диоксида кремния. Слой SiO_2 и подложка считались однородными. Оптические характеристики материалов SiO_2, cSi и αSi приведены в ПО к ES2.

На растровом электронном микроскопе РЭМ S-4800 фирмы Hitachi было получено изображение скола промышленной структуры pSi – SiO₂ – cSi (КДБ12) (рис. 1), из которого можно оценить толщины слоев pSi (440 нм) и SiO₂ (100 нм). С помощью ЛЭФ 3М ($\lambda = 632,8$ нм) измерялись поляризационные углы ψ и Δ этой структуры, на основании которых методом наименьших квадратов численно решались обратные задачи эллипсометрии (восстанавливались эффективные оптические параметры двух или пяти слоев). Данные решений этих задач приведены в таблице. Определенные оптические постоянные использовали для оценки f_j слоев.

Табл. 1. Решения обратных задач эллипсометрии

	Пять слоев	Два слоя
Подложка КДБ12 ($n_3 - ik_3$)	3,87 – i0,031	3,883 – i0,020
Переходный слой $SiO_2 - cSi$ (α_3 , нм)	-0,704	–
Слой SiO_2 ($n_2 - ik_2$, d , нм)	1,461 – i0, 100,4	1,468 – i0, 101,3
Переходный слой $pSi - SiO_2$ (α_2 , нм)	-5,338	–
Слой pSi ($n_1 - ik_1$, d , нм)	3,946 – i0,021, 443,3	3,956 – i0,027, 441,7
Поверхностный (α_1 , нм)	-2,095	–

Неравенства $|\alpha_2| > |\alpha_1| > |\alpha_3|$ указывают на изменения толщин и структуры переходных слоев в $pSi - SiO_2 - cSi$. По величине α_3 можно судить о малой толщине переходного слоя $SiO_2 - cSi$, которая близка к толщине естественного слоя на пластине КДБ12 до химической обработки. В то же время, условия получения термического SiO_2 на кремниевых пластинах не приводят к образованию толстых переходных слоев. На это указывают оптические характеристики подложки, определенные с использованием двухслойных и пятислойных моделей. Из соотношений оптических характеристик слоя pSi , приведенных в табл. 1. следует, что наибольшая пористость содержится в слое pSi и его окружении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стаськов, Н. И. Переходные слои в кремниевых структурах SiO₂ – cSi и pSi – SiO₂ – cSi / Н. И. Стаськов, С. О. Парашков, Т. Н. Коледа // Актуальные вопросы теоретической физики, физики конденсированных сред и астрофизики: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 2–3 октября 2014 г. / БрГУ имени А. С. Пушкина; ред. А.В.Демидчик и [др.]. Брест – 2014. – С. 96–101.