

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПАЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ И СТЕКЛОВИДНОГО ДИЭЛЕКТРИКА

Д.А. Бондарчук, аспирант, 1 курс

Ю.В. Клунникова, к.т.н., ассистент

Научный руководитель: С.П. Малюков, д.т.н., профессор

Южный федеральный университет

Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

Кафедра конструирования электронных средств

г. Таганрог

В настоящее время область применения кремния весьма широка: микроэлектроника, радиоэлектроника, вычислительная техника, оптика. Приборы, сделанные из кремния, отличаются повышенной надежностью, компактностью, высокими значениями к.п.д., способностью работать при повышенных температурах [1–3].

Для получения спая кремний – стекловидный неорганический диэлектрик использовались кремниевые пластины марки Wafer World [5], а в качестве пленки – легкоплавкое стекло системы  $PbO - B_2O_3 - ZnO$  ( $T_{пл} < 600^{\circ}C$ ). Легкоплавкое стекло обеспечивает получение стекловидных пленок, обладающих равномерностью по толщине, целостностью или сплошностью (отсутствие разрывов и трещин), гомогенностью по структуре (отсутствие расслоений), прозрачностью в видимой области света [4].

Таблица 1  
Основные параметры кремниевых пластин [5]

Параметр	Значение
Диаметр, мм	25,4
Легирующая примесь	P, B, As, Sb
Удельное объемное сопротивление, $\Omega \cdot \text{см}$	0,007
Кристаллическая ориентация	(100)
Отклонение ориентации поверхности от заданной кристаллографической плоскости, град	0,1-1
Толщина пластины, мкм	8000
Общее изменение толщины по пластине (TTV), мм	от 5
Полировка	Односторонняя

Пленки легкоплавкой системы  $PbO - B_2O_3 - ZnO$ , полученные методом центрифугирования, обладают свойствами, приведенными в табл.2.

Таблица 2

Основные физико – механические свойства стекловидных диэлектриков

КЛТР в интервале температур	20...500°C; 85...95·10 <sup>-7</sup> K <sup>-1</sup>
Температура растекания	не выше 600°C
Микротвердость	не ниже 350 кг/мм <sup>2</sup>
Кристаллизации	отсутствует
Электрические характеристики	$\epsilon = 10...14$ ; $tg\delta \cdot 10^4 = 20...25$ ; $E_{\text{проб}} \cdot 10^6 = 5$ В/см
Химическая стойкость	II гидролитический класс

Для получения спая кремний – стекловидный диэлектрик был разработан технологический маршрут, который представлен на рис.1.



Рисунок 1 – Технологический маршрут получения кремний – стекловидный диэлектрик

Технологический режим получения спая кремний – стекловидный диэлектрик включает следующие этапы:

1) Сухой помол – исходная шихта в виде гранулята неорганической стекловидной системы  $PbO - B_2O_3 - ZnO$  в яшмовой ступке размельчался до порошка с удельной поверхностью 5000 см<sup>2</sup>/г.

2) Мокрый помол – приготовление суспензии – в яшмовый барабан с яшмовыми шарами в присутствии изобутилового спирта, порошок помещался на 1 час при скорости вращения барабана 1800 об/мин.

3) Осаждение пленки проводилось в центрифуге, в течение 3 минут при скорости вращения ротора центрифуги 7000 об/мин.

4) Низкотемпературная сушка нанесенной пленки в термошкафу при температуре 50–60 °С.

5) Высокотемпературный отжиг пленки в муфельной печи при  $T < 600$  °С со скоростью охлаждения температуры 3 °С /мин. для получения минимальных механических внутренних напряжений.

В результате, полученный спай методом центрифугирования кремний - стекловидный диэлектрик имеет толщину 1 мкм, высота пиков 1,5–2 мкм, коэффициент смачивания – допустимый, внутреннее напряжение минимально [6], что позволяет служить основой для создания защитных покрытий в микроэлектронике или вычислительной технике.

#### **Список литературы:**

1. Cressler J. D. Silicon Earth: Introduction to the microelectronics and nanotechnology revolution. – Cambridge University Press, 2009.
2. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю. Н. Кремний – материал наноэлектроники / Герасименко Н., Пархоменко Ю. // Мир материалов и технологий. – Изд.: Техносфера. – 2007. – С. 325.
3. Клунникова Ю.В., Борисенко И.О. Разработка баз данных экспертной системы для получения монокристаллов кремния // Сборник трудов Всероссийской научной конференции «ПАРУСА-2014». – С. 30– 32.
4. Малюков С.П., Клунникова Ю.В, Саенко А.В. Моделирование процессов лазерной обработки материалов для микроэлектроники / Малюков С.П., Клунникова Ю.В, Саенко А.В. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – Санкт-Петербург. 2014 – №8. – С. 15– 19.
5. Кремниевые пластины [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ostec-materials.ru/materials/waferworld-si-plastiny-kremnievye.php>, свободный (Дата обращения: 10.04.2015 г.)
6. Малюков С.П. Метод расчета напряжений в несимметричных спаях стекла с упругими материалами /Малюков С.П./// Известия ТРТУ. – 2004. – № 3 – С. 175– 178.