

УДК 546.04

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, Ом·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	$20...500^{\circ}C$; $85...95 \cdot 10^{-7} K^{-1}$
Температура растекания	не выше $600^{\circ}C$
Микротвердость	не ниже 350 кг/мм^2
Кристаллизации	отсутствует
Электрические характеристики	$\epsilon = 10...14$; $tg\delta \cdot 10^4 = 20...25$; $E_{\text{проб}} \cdot 10^6 = 5 \text{ В/см}$
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 $5000 \text{ см}^2/\text{г}$.

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 $T < 600^{\circ}\text{C}$ 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 нанoeлектроники / 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.