

Исследование процессов получения спая сапфир-стекловидный диэлектрик

Ю.В. Клуникова

*Южный федеральный университет,
Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, Таганрог*

Аннотация: В статье предложен технологический маршрут создания спая сапфир-стекловидный диэлектрик $PbO - V_2O_3 - ZnO$. Для получения спая сапфир – стекловидный диэлектрик использовался метод центрифугирования, позволяющий формировать сравнительно равномерные пленки толщиной от единиц до десятков мкм. Проведены исследования морфологии поверхности полученных пленок методом атомной силовой микроскопии.

Ключевые слова: сапфир, стекловидный диэлектрик, технологический процесс.

В настоящее время прочные спаи сапфира и стекловидного диэлектрика находят свое применение в различных областях микроэлектроники. Исследование особенностей формирования стекловидных пленок на сапфировых подложках является весьма актуальной задачей при создании тройных структур сапфир – стекловидный диэлектрик – керамика для защитных покрытий устройств микро- и наноэлектроники [1-2].

Легкоплавкие стекла $PbO - V_2O_3 - SiO_2$; $PbO - Al_2O_3 - TiO_2 - SiO_2$; $PbO - V_2O_3 - Na_2O - SiO_2$; $PbO - V_2O_3 - ZnO - SiO_2$ используются для спаивания элементов микроэлектроники [2-6]. Зона значения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) легкоплавких стекол лежит в пределах $(55...95) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, что позволяет спаивать широкий спектр материалов, имеющих ТКЛР близкий к этому значению (сапфир, стекло, керамика, ферриты).

Для создания спая сапфира и стекловидного диэлектрика выбрано стекло системы $PbO - V_2O_3 - ZnO$.

На рисунке 1 представлена область стеклообразования диэлектрика системы $PbO - V_2O_3 - ZnO$. ТКЛР неорганического стекловидного диэлектрика измерялся дилатометрическим методом [2].

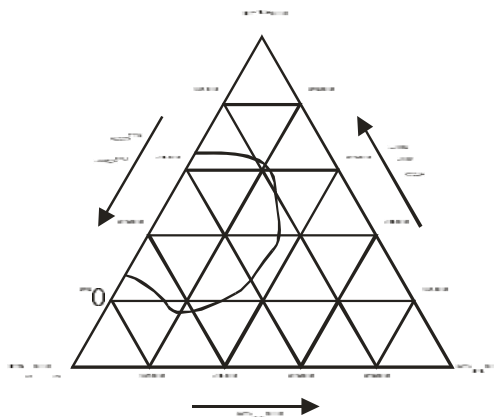


Рис. 1 – Область стеклообразования диэлектрика системы PbO-B₂O₃-ZnO

Формирование стекловидных диэлектрических покрытий (пленок) на поверхности подложки из пленкообразующего раствора (суспензии) возможно несколькими способами: золь-гель технология, центрифугирование, окунание и распыление (пульверизация). Эти способы позволяют получать стекловидные покрытия заданного состава и морфологии поверхности без использования сложного технологического оборудования. Для создания спая стекловидного диэлектрика и сапфировой подложки небольшого размера целесообразно использовать метод центрифугирования, позволяющий формировать сравнительно однородные по толщине пленки (от 1 мкм до десятков мкм). Центрифугирование позволяет легко контролировать толщину наносимой пленки за счет изменения скорости и времени вращения ротора центрифуги [6-12].

Технологический маршрут создания спая сапфир – стекловидный диэлектрик представлен на рисунке 2.

Более подробно процесс получения спая сапфир – стекловидный диэлектрик PbO – B₂O₃ – ZnO представляется следующим образом. Первоначально гранулят легкоплавкого стекла размельчался до порошка удельной поверхности 5000 см²/г (так называемый сухой помол). Для приготовления рабочей суспензии в полученный порошок добавлялся

изобутиловый спирт, и полученный раствор помещался в яشمовый барабан на 24 часа (мокрый помол). Полученная суспензия затем разбавлялась изобутиловым спиртом до объема 1 л.

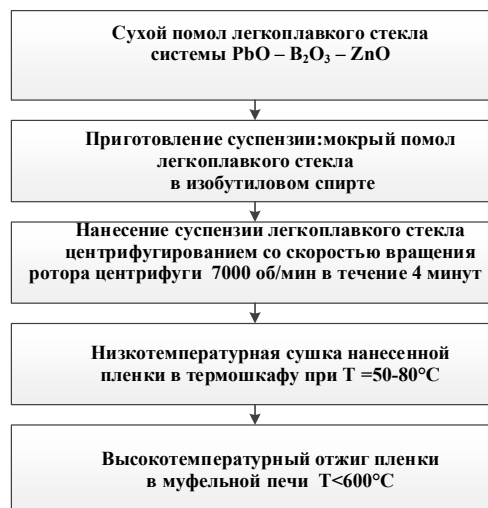


Рис. 2 – Технологический маршрут создания спая сапфир – стекловидный диэлектрик системы $\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$

Этапы получения спая сапфир – стекловидный диэлектрик $\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$:

- 1) Подготовка сапфировой подложки (размером $10 \times 10 \times 3$ мм).
- 2) Нанесение суспензии на сапфировую подложку (в течение 4 минут при скорости вращения ротора центрифуги 7000 об/мин).
- 3) Сушка полученной пленки в термощкафу при температуре $50 - 80$ °C в течение 3 – 5 мин.
- 4) Высокотемпературый отжиг пленки в муфельной печи при $T < 600$ °C с выдержкой 5 – 7 минут. Скорость подъема температуры составляет 4 °C /мин. Изотермическая выдержка производится при $T = 300$ °C в течение 10 минут. Охлаждение спая идет со скоростью 3 °C/мин.

С помощью метода атомной силовой микроскопии (АСМ) в Научно-образовательном центре (НОЦ) «Нанотехнологии» Института нанотехнологий, электроники и приборостроения (ИНЭП) Южного

федерального университета (ЮФУ) было получено изображение морфологии поверхности полученных пленок. АСМ-изображения представлены на рисунке 3 (а, б).

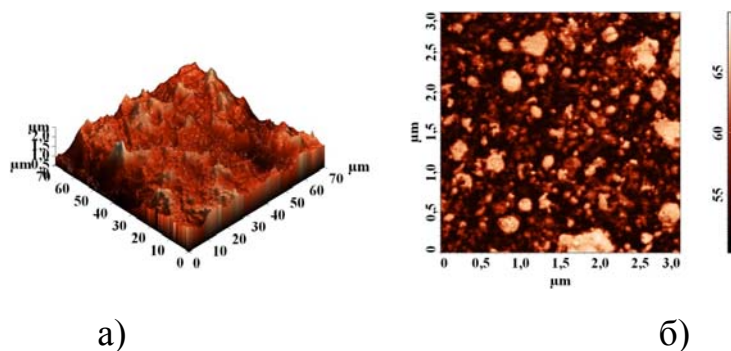


Рис. 3 – АСМ – изображение поверхности пленки стекловидного диэлектрика $PbO - B_2O_3 - ZnO$ на сапфире (а) и фазовый контраст (б)

Полученная пленка стекловидного диэлектрика системы $PbO - B_2O_3 - ZnO$ на сапфировой подложке имеет толщину порядка 1 – 3 мкм, коэффициент смачивания находится в пределах допустимости, внутренние механические напряжения минимальны. Применение стекловидного диэлектрика системы $PbO - B_2O_3 - ZnO$ является перспективным в качестве связующего элемента при создании тройных спаев сапфир – стекловидный диэлектрик – керамика для формирования защитных покрытий устройств микро- и нанoeлектроники.

Результаты получены с использованием оборудования НОЦ «Лазерные технологии», Центра коллективного пользования и НОЦ «Нанотехнологии» ИНЭП ЮФУ (г. Таганрог).

Статья написана в рамках выполнения проекта ФЦП Россия № 14.587.21.0025. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58716X0025.

Литература

1. Корякова З., Битт В. Легкоплавкие стекла с определенным комплексом физико-механических свойств // Компоненты и технологии. 2004. № 5. С. 126-128.

2. Геодакян Д.А., Петросян Б.В., Степанян С.В., Варданян Р.А., Геодакян К.Д. Легкоплавкие свинецсодержащие стекла // Изв. НАН РА и ГИУА. 2007. № 3. С. 441-447.

3. Rogov V.V. Physicochemistry in processes of the formation of functional surfaces of glass and sapphire (α - Al_2O_3) components for electronics and optical systems in tribochemical polishing // Journal of superhard materials. 2009. № 3. pp. 74-83.

4. Cheng Y., Xiao H., Weiming Guo, Wenmung Guo. Thermal behavior of GeO_2 doped $\text{PbO-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ glasses // Materials Science and Engineering. 2006. V. 423. pp. 184-188.

5. Воронов Г.К. Особенности получения стеклокристаллических материалов с низким ТКЛР в системе $\text{PbO-Zr}_2\text{O}_3\text{-R}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ // Вестник НТУ «ХПИ». 2014. № 49. С. 145-149.

6. Рубашев М.А. Термостойкие диэлектрики и их спаи с металлом в новой технике. М.: Атомиздат, 1980. 246 с.

7. Малюков С.П. Стекловидные диэлектрики в производстве магнитных головок. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. 181 с.

8. Малюков С.П. Метод расчета напряжений в несимметричных спаях стекла с упругими материалами // Известия ТРТУ, 2004. № 3 С. 175-178.

9. Малюков С.П., Клунникова Ю.В., Саенко А.В. Моделирование процессов лазерной обработки материалов для микроэлектроники // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. №8. С. 15-19.

10. Малюков С.П., Обжелянский С.А. Алгоритм формирования математической модели синтеза стекловидных диэлектриков для магнитных головок // Известия ТРТУ, 2001. № 4. С. 24-26.

11. Гусев Е.Ю., Михно А.С., Гамалеев В.А., Юрченко С.А. Исследования влияния относительной влажности воздуха на электрическое сопротивление нанокристаллических пленок ZnO , полученных методом



реактивного магнетронного распыления // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2554/.

12. Клунникова Ю.В. Исследование процессов получения пленок на сапфире для газочувствительных датчиков // Инженерный вестник Дона, 2016, № 1 URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3518.

References

1. Korjakova Z., Bitt V. Komponenty i tehnologii. 2004. № 5. pp. 126-128.
2. Geodakjan D.A., Petrosjan B.V., Stepanjan S.V., Vardanjan R.A., Geodakjan K.D. Izv. NAN RA i GIUA. 2007. № 3. pp. 441-447.
3. Rogov V.V. Journal of superhard materials. 2009. № 3. pp. 74-83.
4. Cheng Y., Xiao H., Weiming Guo, Wenmung Guo. Materials Science and Engineering. 2006. V. 423. pp. 184-188.
5. Voronov G.K. Vestnik NTU «HPI». 2014. № 49. pp. 145-149.
6. Rubashev M.A. Termostojkie dijelektriki i ih spai s metallom v novoj tehnike [Heat-resistant dielectrics and their juncture with metal in new equipment]. M.: Atomizdat, 1980. 246 p.
7. Maljukov S.P. Steklovidnye dijelektriki v proizvodstve magnitnyh golovok [Glass dielectrics in production of magnetic heads]. Taganrog: Izd-vo TRTU, 1998. 181 p.
8. Maljukov S.P. Izvestija TRTU. 2004. № 3 pp. 175-178.
9. Maljukov S.P., Klunnikova Ju.V., Saenko A.V. Izvestija SPbGJeTU «LJeTI». 2014. №8. pp. 15-19.
10. Maljukov S.P., Obzheljanskij S.A. Izvestija TRTU, 2001. № 4. pp. 24-26.
11. Gusev E.Ju., Mihno A.S., Gamaleev V.A., Jurchenko S.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2554/.
12. Klunnikova Ju.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №1 URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3518.