

20. Г.В. Гренкин, А.Ю. Чеботарев Устойчивость стационарных решений диффузионной модели сложного теплообмена, Дальневосточный математический журнал, 14 (1) (2014) 18-32.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОСТАВА СТЕКЛА НА УГОЛ СМАЧИВАНИЯ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Р.В. ТАРНОВСКИЙ, А.А. ДИТЦ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт физики высоких технологий
E-mail: tarnovskiy@tpu.ru

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND GLASS COMPOSITION ON ALUMINUM NITRIDE CONTACT ANGLE

R.V. TARNOVSKIY, A.A. DITTS

National Research Tomsk Polytechnic University
Institute of High Technology Physics
E-mail: tarnovskiy@tpu.ru

***Annotation.** Ceramics based on aluminum nitride is a perspective material used in electronics as housings and substrates for electronic chips due to its unique combination of high thermal conductivity and high dielectrical properties. More than 90% of aluminum nitride ceramics market are presented by metallized ceramic products, therefore it is necessary to develop metallization pastes intended for ceramics based on aluminum nitride. At the moment the process of aluminum nitride metallization is poorly understood. One of the most effective ways of ceramics metallization is usage glass as binding additive in metallization pastes.*

In this article are presented results of research of different glass compositions for possibility of their application in metallization pastes intended for ceramics based on aluminum nitride. It includes research of contact angle of aluminum nitride with glasses of different compositions at different temperatures and different roughness of ceramics.

Введение

Одним из востребованных сегментов рынка в соответствии с мировыми тенденциями развития является электроника и электротехника (керамические элементы для электронной промышленности, в том числе для теплонагруженных элементов полупроводниковых приборов, мощных светодиодов; изоляторы различного применения для электротехники и энергетики). Одним из перспективных направлений является производство высокотеплопроводных материалов и изделий на основе нитрида алюминия. Нитрид алюминия обладает рядом уникальных свойств по сравнению с другими материалами, применяемыми в микроэлектронике [1]. Применение нитрида алюминия в качестве основы при изготовлении мощных светодиодов требует нанесение на него токопроводящих паст. Разработанные в большом количестве проводниковые низкотемпературные серебрясодержащие пасты рассчитаны на оксидные материалы, и поэтому имеют низкую адгезию к нитриду. Увеличить адгезию металлizationных паст к нитриду алюминия можно за счет введения в их состав стеклосвязки [2], которая бы хорошо смачивала нитрид алюминия при низких температурах.

Цель данной работы: разработать состав стеклосвязки, смачивающий нитрид алюминия при температурах до 1000 °С.

Эксперимент

В работе были использованы образцы в виде дисков из нитрида алюминия, спеченные до относительной плотности более 98%. Диски подвергали шлифованию и очистке. Поверхности очищали от органических загрязнений в изопропиловом спирте и от воды отжигом при температуре 600 °С. Для определения угла смачивания была собрана установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

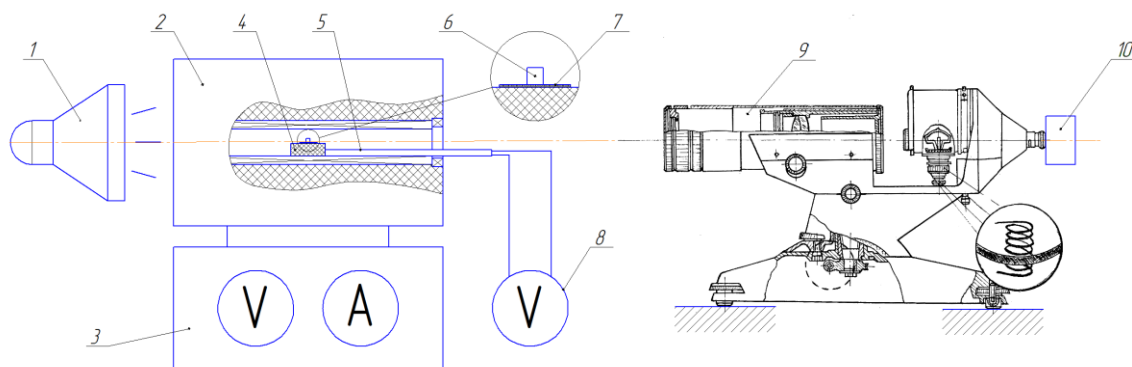


Рисунок 1 - Принципиальная схема установки

Установка состоит из: 1 осветительной системы; 2 – трубчатой печи с регулируемой скоростью нагрева; 3 – системы контроля и управления нагревом; 4 – подставки для образцов; 5, 8 – термопары для контроля температуры образца; 6 – образца стекла; 7 – подложки (диска) из AlN; 9 – оптической системы; 10 – цифровой камеры с выводом изображения на дисплей компьютера.

Исследуемое стекло прессовалось в виде цилиндров диаметром 3 мм, высотой 5-6 мм. Для прессования не применяли органических связок. После установки образца в печи ее начинали греть со скоростью от 7 до 10 °С/мин. При достижении температуры 600 °С образец начинали фотографировать через каждые 10 °С. Обработку снимков вели в программном обеспечении поставляемом с цифровой камерой «Микро-Анализ Pro».

Для работы были выбраны стёкла в системе $\text{V}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$, обеспечивающие низкие температуры варки и размягчения. Их составы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Соотношения компонентов в рассматриваемых стёклах

Шифр	Содержание компонентов, мол. %							Сумма
	Na ₂ O	CaO	V ₂ O ₃	SiO ₂	V ₂ O ₅	K ₂ O	PbO	
а	20	5	10	65	–	–	–	100
б	20	5	10	55	10	–	–	100
в	10	5	10	65	–	10	–	100
г	20	5	10	55	–	–	10	100
д	10	5	10	75	–	–	–	100

Секция 4. Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы из природного и технического сырья

Для выбранных составов были выполнены расчеты свойств в специализированной программе SciGlass версия 7.0. Особенно важным из них является зависимость вязкости от температуры. Результаты расчета представлены на рисунке 2.

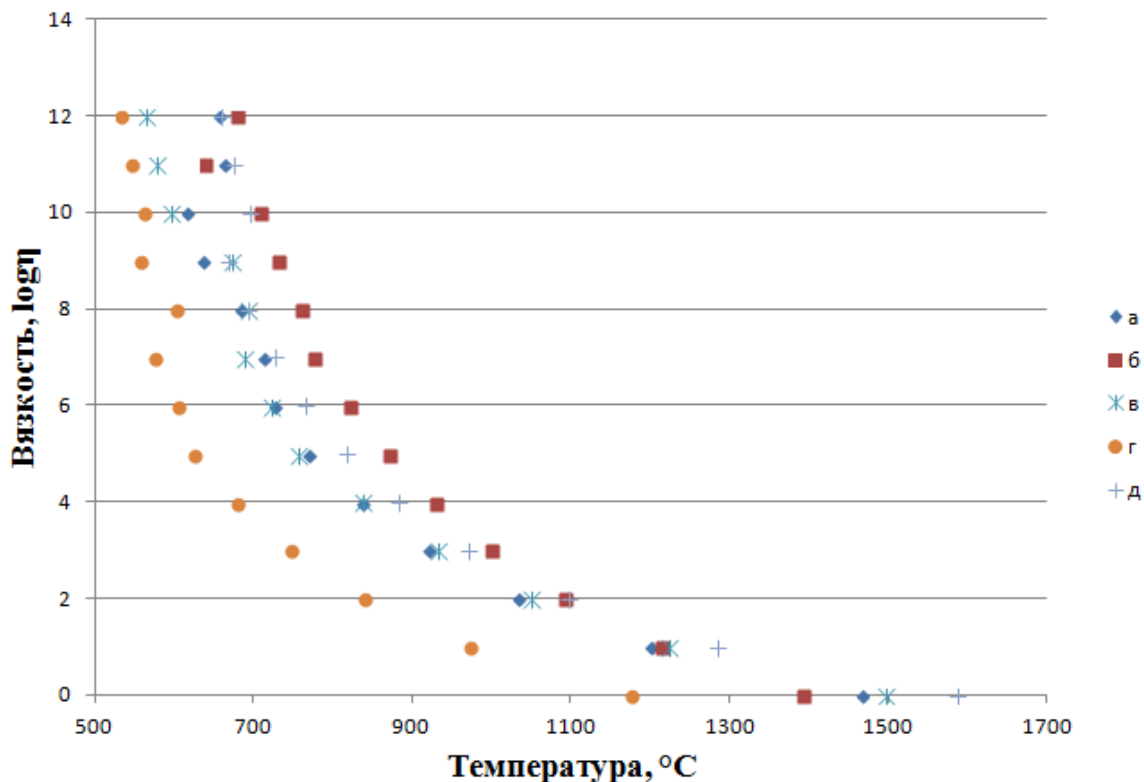


Рисунок 2 - Зависимость вязкости от температуры

Из расчетных данных видно, что наименее тугоплавким является состав «г», содержащий PbO, а наиболее тугоплавким – состав «б», содержащий V₂O₅.

Стекла предложенных составов были «сварены», после чего их измельчали до полного прохождения через сито с размером ячейки 63 мкм. Из порошка стекла прессовали образцы в виде цилиндров с соотношением диаметр/высота = 1/2. На рисунках 3, 4 представлены фотографии образца при разной температуре и данные определения улов смачивания.

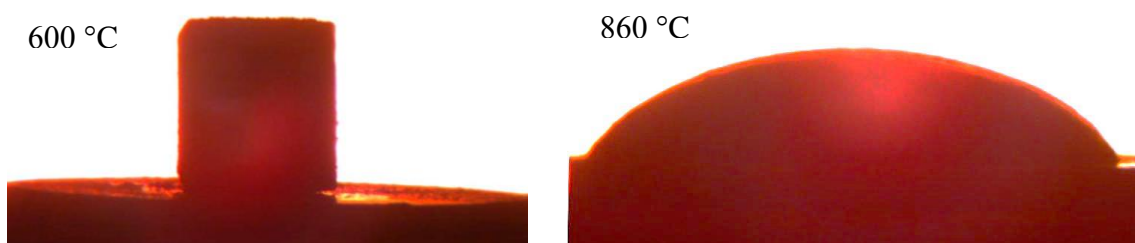














































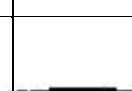








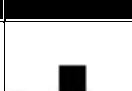







Рисунок 3 - Фотографии образца стекла состава «г» при температурах 600 и 860 °C

Таблица 2 - Изображения образцов стекла, смачивающих шлифованные и нешлифованные образцы нитрида алюминия при разных температурах.

		600	700	800	900	1000	1100	1200
а	Шлиф.							-
	Нешлиф.							
б	Шлиф.						-	-
	Нешлиф.							
в	Шлиф.							
	Нешлиф.							
г	Шлиф.				-	-	-	-
	Нешлиф.						-	-
д	Шлиф.							
	Нешлиф.							

В таблице 2 приведены снимки образцов стекла при разных температурах на шлифованных и нешлифованных дисках. В данной таблице можно проследить процесс растекания каждого образца по подложке из нитрида алюминия, а также наглядно убедиться в том, что практически во всех случаях шлифованные образцы нитрида алюминия смачиваются стеклом лучше, чем нешлифованные. Это связано, по всей видимости, с образованием воздушных карманов на поверхности нешлифованных образцов, снижающих смачиваемость.

Также следует отметить, что, вопреки расчётным данным, на практике самым тугоплавким стеклом оказалось стекло состава «д».

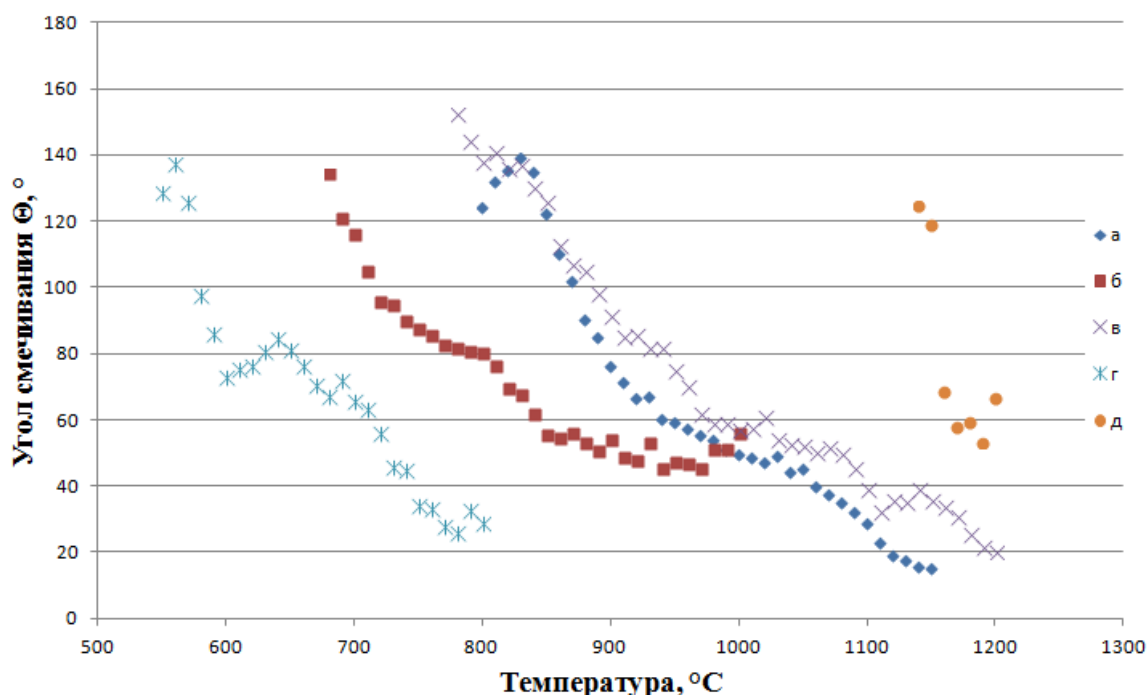


Рисунок 4 - Зависимость угла смачивания нитрида алюминия от температуры

На рис. 4 представлены графики зависимостей угла смачивания шлифованных образцов нитрида алюминия от температуры. Можно заметить, что эти зависимости имеют схожий характер. Сначала наблюдается максимум, когда капля приобретает шарообразную форму, затем капля начинает растекаться, и угол смачивания уменьшается. Далее наблюдается перегиб, связанный со вспениванием стекла: сначала объём капли увеличивается, затем стекло начинает осветляться и пена оседает. Далее угол смачивания стремится к нулю.

Выводы

Как видно из опытных данных, представленных в таблице 2 и рис. 4, при наименьших температурах нитрид алюминия начинают смачивать стёкла составов «г» и «б», содержащие свинец и ванадий соответственно. Эти стёкла могут подойти для металлизационных паст на основе серебра, вжигаемых при температурах 800÷920 °С. Стекло состава «д», начинает смачивать нитрид алюминия лишь при температурах порядка 1150 °С и в перспективе, возможно, может быть использовано в молибден-марганцевых металлизационных пастах, вжигаемых при температурах 1200÷1300 °С.

Список литературы

1. Косолапов А.А., Дитц А.А., Ревва И.Б., В.М. Погребенков В.М. Высокотеплопроводные материалы полученные методом прессования. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 5 с.
2. Макаров Н.А. Металлизация керамики: Учебное пособие. М. РХТУ им. Д.И. Менделеева. 204.-76 с.
3. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М «Химия», 1976 232 с.