

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль \_\_\_\_\_ Химическая технология, Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Школа новых производственных технологий \_\_\_\_\_

Отделение НОЦ Н.М. Кижнера \_\_\_\_\_

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
<b>Разработка и исследование свойств металлизационных паст для алюмонитридной керамики</b>

УДК- 666.63: 621.793-4-49

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A5-53	Тарновский Роман Владимирович		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Верещагин В.И.	Д.Т.Н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Краснокутская Е.А.	Д.Х.Н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Погребенков В.М.	Д.Т.Н., профессор		

## Аннотация

Одним из перспективных направлений электроники и электротехники является использование высокотеплопроводной керамики на основе нитрида алюминия. Однако на данный момент не существует достаточно эффективных способов металлизации алюмонитридной керамики. Один из самых эффективных способов металлизации – использование металлизационных паст с добавлением стеклокопмонента, обеспечивающего высокую адгезию пасты к керамике. Цель данной работы: разработать составы стёкол, пригодные для использования в качестве стеклокомпонентов серебрясодержащих металлизационных паст для алюмонитридной керамики. Для проведения исследований было решено выбирать составы стёкол для металлизационных паст на основе серебра, вжигаемых в интервале температур 700÷900 °С. В качестве основы для исследуемых составов стёкол был выбран боросиликатный состав вида ( $45\%_{\text{мол}} \text{SiO}_2$ ;  $20\%_{\text{мол}} \text{B}_2\text{O}_3$ ;  $5\%_{\text{мол}} \text{CaO}$ ;  $20\%_{\text{мол}} \text{Na}_2\text{O} (\text{Li}_2\text{O})$ ;  $10\%_{\text{мол}} \text{Me}_m\text{O}_n$ ), так как именно боросиликатные стёкла, как правило, используются для создания прочного спая между металлом и керамикой, а также отличаются высокой адгезией к нитриду алюминия. В соответствии с задачами исследования, было решено разделить исследуемые составы на две группы: 1) Стёкла, взаимодействующие с нитридом алюминия; 2) Стёкла, не взаимодействующие с нитридом алюминия. В связи с этим, в основе для стёкол, не взаимодействующих с нитридом алюминия, было решено оксид натрия  $\text{Na}_2\text{O}$  заменить на оксид лития  $\text{Li}_2\text{O}$ , поскольку  $\text{Li}_2\text{O}$  – единственный оксид щелочного металла, не взаимодействующий с нитридом алюминия. В качестве модификаторов для стёкол, взаимодействующих с нитридом алюминия, были выбраны оксиды  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoO}_3$ , так как значения  $\Delta G_0$  для реакций данных оксидов с нитридом алюминия в интервале температур от 0 до 1400 °С отрицательны. Следовательно, данные оксиды относятся к оксидам, взаимодействующим с нитридом алюминия. В качестве модификаторов для стёкол, не взаимодействующих с нитридом алюминия, были выбраны невзаимодействующие с нитридом алюминия оксиды:  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ . Проведены расчёты свойств стёкол выбранных составов с помощью программы SciGlass. Также проведены экспериментальные исследования приготовленных стёкол выбранных составов. Получены зависимости угла смачивания нитрида алюминия стеклом, поверхностного натяжения стекольного расплава и работы адгезии от температуры, а также дилатометрические кривые. Установлено, что для большинства стёкол из группы взаимодействующих с нитридом алюминия в ходе смачивания имеет место химическая реакция с газовыделением. Также установлено влияние модификаторов на смачиваемость нитрида алюминия стеклом и возможность применения данного стекла в металлизационных пастах для нитрида алюминия.

## **Основные результаты работы отражены в следующих публикациях:**

1. Тарновский Р. В., Дитц А. А. Влияние температуры и состава стекла на угол смачивания нитрида алюминия. Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении: сборник трудов Международной конференции, г. Томск, 9-11 июня 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — 5 с. [С. 331-335].

2. Тарновский Р. В., Дитц А. А., Погребенков В. М. Influence of temperature and glass composition on aluminum nitride contact angle. Журнал «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering» - Бристоль, Великобритания: Изд-во IOP Publishing, 2016. – 5 с.

3. Тарновский Р. В., Дитц А. А. Использование стекла как компонента металлизационных паст для алюмонитридной керамики. Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Intermatic» и Международной научно-технической конференции «Молодые учёные», г. Москва, 19 – 23 ноября 2018 г. – М.: Изд-во РТУ МИРЭА, 2018. – 4 с.

4. Тарновский Р. В., Дитц А. А. Использование стекла в металлизации керамики на основе нитрида алюминия. Новые материалы и перспективные технологии: Сборник материалов четвертого междисциплинарного научного форума с международным участием, г. Москва, 27 – 30 ноября 2018 г. – М.: Интерконтактнаука, 2018. – 6 с.

5. Тарновский Р. В., Дитц А. А. Исследование процесса металлизации алюмонитридной керамики. Тезисы докладов VII Международной научно-технической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике» и Международной научно-технической молодежной конференции «Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения», г. Томск, 26 – 30 ноября 2018 г. – Томск: Изд-во НИ ТПУ, 2018. – 2 с.

6. Тарновский Р. В., Дитц А. А. Использование стекла как компонента металлизационных паст для алюмонитридной керамики. Полифункциональные химические материалы и технологии. Сборник статей. Том 2. / Под ред. Ю.Г.Слижова. «Офсет Центр». Томск, 2019. – 5 с.