

УДК 621.762:519.22/25

**Исследование корреляционной связи между характеристиками свойств керамики на основе нитрида алюминия**

Студент гр.104616 Семянникова А.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С., Нисс В.С.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Целью настоящей работы является выявление корреляционной связи между характеристиками свойств керамики на основе нитрида алюминия, изучение влияния химического состава (содержание кислорода и иттрия) на величину теплопроводности этого материала.

Керамика на основе нитрида алюминия (AlN) имеет высокую теплопроводность до 250 Вт/м·К). Это дает возможность использовать AlN вместо высокотоксичного BeO в электронных устройствах, где

требуется сочетание диэлектрических свойств с высокой теплопроводностью (подложки интегральных схем, теплоотводящие, электроизолирующие прокладки и т.д.).

В качестве исходных материалов использовали порошок  $ALN$  (размер зерна 0,5мкм, содержание кислорода 1,08 вес.%). В качестве активной добавки - оксид иттрия ( $Y_2O_3$ ). Спекание осуществляется по методу слоистой технологии.

Порошок  $AlN$ ,  $Y_2O_3$ , растворитель и пластификатор смешивали в шаровой мельнице с нейлоновым покрытием в течение 24 ч. Затем смесь сушили в вакуумном шкафу до требуемой вязкости. Из полученной массы изготавливали листы толщиной 0,15мм. Полученные листы укладывали друг на друга и прессовали под давлением 1,96 МПа при 120 °С. Далее слоистую заготовку помещали в графитовый контейнер и спекали при 1900 °С в потоке азота. (0 до 25 ч).

На полученных образцах измеряли плотность (г/см<sup>3</sup>), теплопроводность (Вт/м·К), постоянную кристаллической решетки  $C$  (10м); содержание кислорода и иттрия в процентах. Результаты экспериментов приведены в таблице1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

№	Время спекания, с	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м·К	Постоянная решетки, $C$ ( $10^{-10}$ М)	Содержание, $O_2$ , %	Содержание, $Y$ , %
1	0	3,320	200	4,975	2	4,3
2	5	3,305	222	4,978	1,5	3,3
3	10	3,295	238	4,980	1,3	2,8
4	15	3,287	260	4,983	1,0	2,5
5	20	3,285	260	4,983	1,0	2,4
6	25	3,280	268	4,984	0,9	2,4

Данные таблицы показывают, что с увеличением времени спекания плотность падает, теплопроводность повышается, содержание кислорода и иттрия снижается, а постоянная решетки изменяется незначительно(в пределах ошибки).

Представляют научный и практический интерес выявления тесноты корреляционной связи между свойствами керамики на основе  $AlN$ , поскольку, например, измерение теплопроводности представляет большие трудности.

С этой целью первоначально по данным таблицы рассчитывали коэффициенты парной корреляции  $r_{1,2}$ ,  $r_{1,3}$ ,  $r_{1,4}$ ,  $r_{1,5}$ ,  $r_{2,3}$ ,  $r_{2,4}$ , где  $y_1$  - плотность,  $y_2$  - теплопроводность,  $y_3$  - постоянная решетки,  $y_4$  - содержание  $O_2$  и  $y_5$  - содержание иттрия по формуле:

$$r_{i,j} = \frac{\sum_{i \neq j=1}^n \Delta y_i \cdot \Delta y_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta y_i^2 \cdot \sum_{j=1}^n \Delta y_j^2}}$$

где  $\Delta y_i$  и  $\Delta y_j$  - разности между средней величиной и экспериментальными данными

В результате расчетов определены все коэффициенты парной корреляции. Они оказались больше  $r_{кр} = 0,7067$  (при  $\alpha=0,05$  и  $f=6$ ), т.е. можно утверждать, что между исследуемыми параметрами существует линейная связь. Расчетные значения коэффициентов корреляции приведены в таблице.

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции

Свойства/Параметры	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$
Плотность, $y_1$	-//-	-0,995	-1,000	+0,927	+0,980
Теплопроводность, $y_2$	-0,995	-//-	0,891	-0,987	-0,960
Постоянная Решетки, $y_3$	-1,000	0,891	-//-	-0,800	-1,000
Содержание $O_2$ , %, $y_4$	+0,987	-0,987	-0,800	-//-	+0,972
Содержание Y, %, $y_5$	+0,970	-0,960	-0,1000	+0,972	-//-

Зная коэффициенты парной корреляции, по данным таблицы 1 можно определить корреляционные уравнения в виде  $y_j = b_0 + b_1 y_i$ ;

В результате расчетов получены следующие уравнения:

$$y_2 = 5720,24 - 1663,24 y_1;$$

$$y_3 = 5,714 - 0,223 y_1;$$

$$y_4 = 26,05 y_1 - 84,5;$$

$$y_5 = 47,89 y_1 - 154,86;$$

$$y_3 = 0,000186 y_2 + 4,9513;$$

$$y_4 = 5,0055 - 0,0154 y_2;$$

$$y_5 = 9,694 - 0,281 y_2;$$

$$y_4 = 470 - 93,1 y_3;$$

$$y_5 = 1089,088 - 218,1 y_3;$$

$$y_5 = 0,541 + 1,825 y_4.$$

Эти уравнения позволяют рассчитать значения того или иного свойства через другие.