

ВОЗДЕЙСТВИЕ МОЩНОГО ИОННОГО ПУЧКА НАНОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ НА AlN КЕРАМИКУ

В.С. Ковивчак

Институт радиофизики и физической электроники ОНЦ СО РАН, Омск, Россия
kvs_docent@mail.ru

Цель работы - исследование изменений элементного состава и морфологии поверхности AlN керамики после различных режимов облучения МИП.

Методика эксперимента. Исследуемые образцы AlN керамики имели размер 15x10x1 мм³. Облучение проводилось на ускорителе «Темп» (ОмГУ им. Ф.М. Достоевского) ионным пучком со следующими параметрами: состав 30% Н⁺ + 70% Сⁿ⁺; энергия пучка ~ 200 кэВ; плотность тока - j=50-150 А/см²; длительность импульса – 60 нс. Морфология поверхности и элементный состав исследовались на СЭМ JSM-6610LV, “JEOL” с энергодисперсионным анализатором Inca-350.

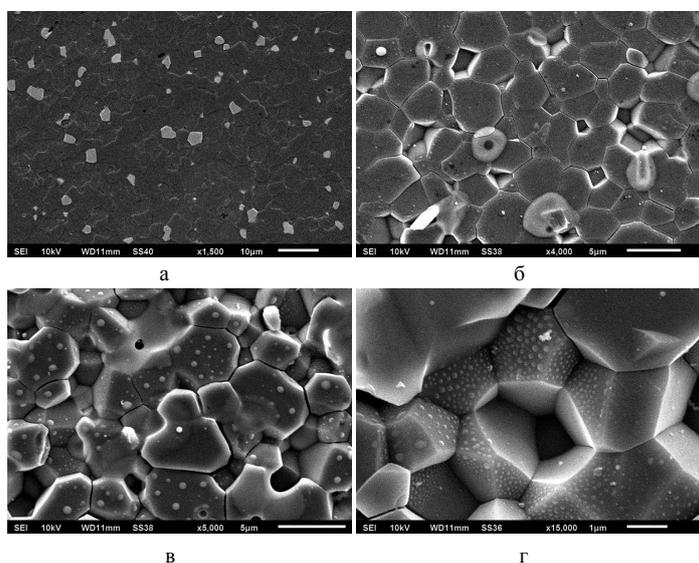


Рис. 1. Поверхность AlN керамики: исходной (а), облученной МИП с плотностью тока 150 А/см² одним (б) и тремя (в, г) импульсами.

Таблица. Элементный состав (ат. %) керамики по данным ЭДХ.

Образец	N	O	Al	Pt	Al:N
Исходный	47,4	0,4	51,5	0,7	1,09
150 А/см ² , n=1	44,3	2,4	52,4	0,9	1,18
150 А/см ² , n=3	41,8	1,9	55,1	1,2	1,32

Мотивация. Среди различных керамических подложек, используемых в микро- и радиоэлектронике AlN обладает очень высокой теплопроводностью. Теплопроводность AlN составляет 170 Вт/(м · К), в то время как для поликора (ВК-100) она - 29 Вт/(м · К), а для ситалла (СТ-50) всего 1,4 Вт/(м · К). При воздействии мощного ионного пучка (МИП) теплопроводность материала является важным параметром, который влияет на скорость нагрева и охлаждения поверхностного слоя материала, величину возникающих механических напряжений.

Воздействие МИП так же может вызывать изменение элементного состава поверхностного слоя керамики из-за разрыва связей в соединении, образующем керамику. Энергия разрыва связи Al-N (3,69 эВ) меньше, чем для Al-O (5,2 эВ) (поликор ВК-100 состоит из Al₂O₃) и для Si-O (8,2 эВ) (ситалл СТ-50 содержит 60,5% SiO₂, 13,5% Al₂O₃ и др.).

Исследование особенностей морфологии поверхности AlN керамики и элементного состава поверхностного слоя после облучения МИП и сравнение полученных данных с результатами по воздействию таких пучков на другие керамики (ситалл, поликор) позволит уточнить механизмы модифицирующего воздействия МИП на этот класс материалов.

Результаты и обсуждение. СЭМ изображение исходной поверхности AlN показано на рис. 1а. Характерный размер кристаллитов ~ 3,5 мкм. Согласно данным энергодисперсионного анализа (ЭДА) более светлые кристаллиты на фото могут соответствовать оксиду иттрия Y₂O₃ (или Al_xY_zO_y), добавляемому для технологичности керамики. Однократное воздействие МИП приводит к растрескиванию поверхностного слоя по границам кристаллитов, с удалением некоторых кристаллитов из поверхностного слоя (рис. 1б). На поверхности некоторых кристаллитов видны оплавленные частицы размером ~ 150-200 нм.

Увеличение числа импульсов облучения до трех увеличивает оплавление кристаллитов (рис. 1в). Оплавленные частицы на поверхности кристаллитов приобретают полусферическую форму, их размер увеличивается до 500 нм. В областях керамики, где удалены кристаллиты на поверхности нижележащих кристаллитов так же образуются частицы полусферической формы. Их наиболее вероятный размер составляет ~ 100 нм. С большой вероятностью такие частицы образуются как минимум из жидкой фазы керамики, их рост так же может быть вызван осаждением пара испаренной керамики. Температура плавления AlN составляет 2200° С, а кипения 2517° С. Воздействие МИП приводит к обеднению поверхностного слоя азотом (таблица). Сильное снижение концентрации азота в поверхностном слое при облучении МИП, вероятно, обусловлено невысокой энергией разрыва связи в AlN.

Выводы. Исследование воздействия мощного ионного пучка на AlN керамику показало, что возникающие в поверхностном слое температуры достаточны для плавления (и возможно частичного испарения) керамики. Образующиеся при этом поля механических напряжений приводят к растрескиванию керамики по границам кристаллитов, и частичному удалению этих кристаллитов из поверхностного слоя. На поверхности образуются частицы полусферической формы, размер которых варьируется от 100 до 500 нм. Воздействие такого пучка также приводит к обеднению поверхностного слоя азотом.