

ДИНАМИКА РАДИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ  
КЕРАМИКАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОТОКАМИ ГАММА-КВАНТОВ  
И ЭЛЕКТРОНОВ

А.М. Владимиров, Л.Ф. Смекалин, А.А. Лукащук, Т.В. Смекалина  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [amvladimirov88@yandex.ru](mailto:amvladimirov88@yandex.ru)

В ряде литературных источников [1–4] показано, что процесс радиационной электризации диэлектрических материалов в той или иной степени определяется их радиационной проводимостью. В целях выяснения различий в характере радиационной электропроводности исследуемых материалов и возможного влияния этих различий на процессы радиационной электризации были исследованы кинетика радиационной электризации диэлектриков при облучении электронами и динамика объемной радиационной электропроводности этих же диэлектриков в процессе облучения гамма-квантами высоких энергий.

В качестве исследуемых материалов были взяты гексагональный чистый нитрид бора ( $BN$ ) и композиция 60% - го нитрида бора и 40%-го оксида кремния ( $BN + SiO_2$ ). Исследования проводились на установках «Прогноз» [5] и «Радиян» [6]. Образцы представляли собой диски толщиной 5 мм и диаметром 80 мм. На тыльной стороне напылен алюминиевый электрод диаметром 60 мм (задний электрод), приклеенный токопроводящим компаундом к металлическому основанию диаметром 60 мм, включенному в систему измерения тока во время облучения и релаксации заряда.

Установлены следующие закономерности в накоплении радиационного заряда при облучении потоком моноэнергетических электронов (энергия пучка – до 100 кэВ):

– потенциал поверхности, а, следовательно, и радиационный заряд в образцах  $BN$  и ( $BN + SiO_2$ ) монотонно возрастают по времени облучения до стационарного значения. При этом величина накопленного заряда в керамике  $BN$  существенно меньше, чем в керамике ( $BN + SiO_2$ ), а время выхода на стационар заметно больше.

С другой стороны, после прекращения облучения, релаксация накопленного радиационного заряда на керамике  $BN$  идет значительно быстрее, чем на керамике ( $BN + SiO_2$ ).

Значения исходной темновой электропроводности для всех образцов находятся в диапазоне величин  $(1,5–4,5) \cdot 10^{-15} S/m$ .

При включении гамма-излучения (энергия квантов 1,25 МэВ) проводимость резко возрастает до величин  $(3–4) \cdot 10^{-14} S/m$ . При дальнейшем облучении установлены следующие закономерности:

–объемная проводимость образцов  $BN$  монотонно возрастает с ростом дозы гамма-излучения до практически постоянного значения  $(1,15–1,2) \cdot 10^{-13} S/m$  при достижении значений дозы (190–220)  $Gy$ . Время облучения (2–2,2) часа.

–объемная проводимость образцов ( $BN + SiO_2$ ) практически не изменяется при наборе дозы гамма-излучения до 270  $Gy$  (более 2,5 часа непрерывного облучения). После прекращения воздействия гамма-квантов на исследуемые керамики наблюдалась релаксация радиационной электропроводности в обоих образцах. При этом установлено, что скорость релаксации образцов  $BN$  и ( $BN + SiO_2$ ) различна и имеет сходный ха-

ракет со скоростью нарастания радиационной электропроводности до установления постоянного значения. Темновые характеристики облученных образцов возвращаются в исходное состояние после выдержки в вакууме примерно в течение 24-х часов.

Таким образом, установлено, что хотя исходные темновые величины электропроводности примерно одинаковы для образцов из  $BN$  и  $(BN + SiO_2)$ , значения их радиационной электропроводности при длительном облучении высокоэнергетическими гамма-квантами различаются почти на порядок.

Дальнейшие исследования влияния радиационной электропроводности на уровни электризации конструкционных материалов при воздействии факторов космического пространства должны быть направлены на более детальное изучение, как механизмов самой радиационной электропроводности, так и взаимосвязи накопления объемных зарядов и их переноса в объеме диэлектриков при постоянно меняющемся внутреннем электрическом поле.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Paulmier T., Hanna R., Belhaj M., Dirassen B., Payan D., Balcon N., Tonon C., Dantras E., Bernes A.. Aging Effect and Induced Electric Phenomena on Dielectric Materials Irradiated With High Energy Electrons // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2013. – V. 41. – № 12.
2. Starodubtsev V.A., Fursa T.V., Zausaeva N.N. Charge Electrification of Irradiated Dielectrics and its Effect on Incident Flu // Journal of Electrostatics. – 1998. – № 20. – P. 341-347.
3. Paulmier T., Dirassen B., Belin E., Payan D.. Material Charging in Space Environment: Experimental Test Simulation and Induced Conductive Mechanisms // IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2009. – V. 16. – № 3.
4. Paulmier T., Dirassen B., Arnaout M., Payan D., Balcon N. Radiation Induced Conductivity of Space Used // Spacecraft Charging Technology Conference. – 2014. – 135 P.
5. Vladimirov A.M., Bezhayev Y.A., Zykov V.M., Isaychenko V.I., Lukashchuk A.A., Lukonin S.E. Automated test bench for simulation of radiation electrification of spacecraft structural dielectrics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 12th International Conference Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials. – Томск, 2017. – V.168. – С. 012037.
6. Пичугин В.Ф., Смекалин Л.Ф., Владимиров А.М. Радиационно-стимулированная электропроводность высоковольтной керамики при облучении гамма-квантами // «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине»: Труды VII Международной научно-практической конференции. – Томск, 2015. – С. 232–233.