

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ КЕРАМИКИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ГАММА-КВАНТАМИ

В.Ф. Пичугин, Л.Ф. Смекалин, А.М. Владимиров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E-mail: pichugin@tpu.ru

Нами проведены исследования динамики объемной и поверхностной радиационной электропроводности (σ_v и σ_s) образцов высоковольтных керамик типа БГП-10 и АХ05 в процессе их облучения гамма-квантами высоких энергий. Керамика АХ05 - гексагональный нитрид бора (BN), керамика БГП-10 – композиция 60% нитрида бора и 40% оксида кремния (SiO_2). Исследования проводились на комплексе «Радиян», включавшем в себя: установку «РОКУС-АМТ» с источником гамма-квантов Co^{60} (источник ГИК-9-2, энергия квантов 1,25 МэВ); испытательный стенд для размещения образцов, экспериментальную ячейку; измерительную цепь. Исследуемые образцы имели форму диска диаметром 33 мм, толщиной 0,2–0,3 мм, с нанесенными с двух сторон электродами (Al или Au) и охранным кольцом. Диаметр измерительного электрода $D_1 = 17$ мм, внутренний диаметр охранного кольца $D_2 = 21$ мм. Напряженность электрического поля не более 10 Кв/см. Вольт-амперная характеристика всех образцов линейна в интервале используемых значений напряжения. Образцы облучались при комнатной температуре в вакууме 10^{-7} мм рт.ст. и безмасляной откачке. Измерительная цепь состояла из источника постоянного напряжения (гальваническая батарея 200 В), пикоамперметра «Keithley» и мультиметров производства фирмы «Tektronix». Источник обеспечивал постоянное напряжение, независимое от внешней сети, с точностью до 0,01 В.

Измерения и обработка данных с помощью ПК позволяли получать данные по изменению электропроводности в режиме реального времени. Методика измерений (σ_v и σ_s) описана в [1] и полностью соответствует требованиям стандарта [2]. Мощность поглощенной дозы излучения составила величину 2,7 rad/s (0,027 Gy/s) и контролировалась дозиметром ДКС-101 в соответствии с требованиями стандарта [3].

Результаты измерений представлены на рис.1. Значения исходной темновой электропроводности для всех образцов находятся в диапазоне величин $(1,5 - 4,5) \times 10^{-15}$ S/m. При включении излучения (время открывания затвора на установке «РОКУС-АМТ» составляет 5 сек.) проводимость резко возрастает до величин $(3-4) \times 10^{-14}$ S/m (кривые 1–4). Форма кривых нарастания проводимости образцов керамики (рисунок 1, кривые 1–4) свидетельствует о том, что γ -облучение не приводит к генерации радиационных дефектов, обладающих акцепторными свойствами [4,5]. Установлены следующие закономерности поведения σ_v .

Объемная проводимость образцов из материала БГП-10 (кривые 3,4) практически не изменяется при наборе дозы излучения до 270 Gy (более 2,5 часа непрерывного облучения). Материал электродов (Al или Au) на керамике БГП-10 практически не влияет на динамику электропроводности, на ее максимальную величину (в пределах $(3-3,5) \times 10^{-14}$ S/m) и на релаксационные процессы после выключения излучения. Время облучения образца № 3 – 1,25 часа, образца № 4 – 2,75 часа. Темновые характеристики облученных образцов возвращаются в исходное состояние после выдержки в вакууме примерно в течение 24-х часов.

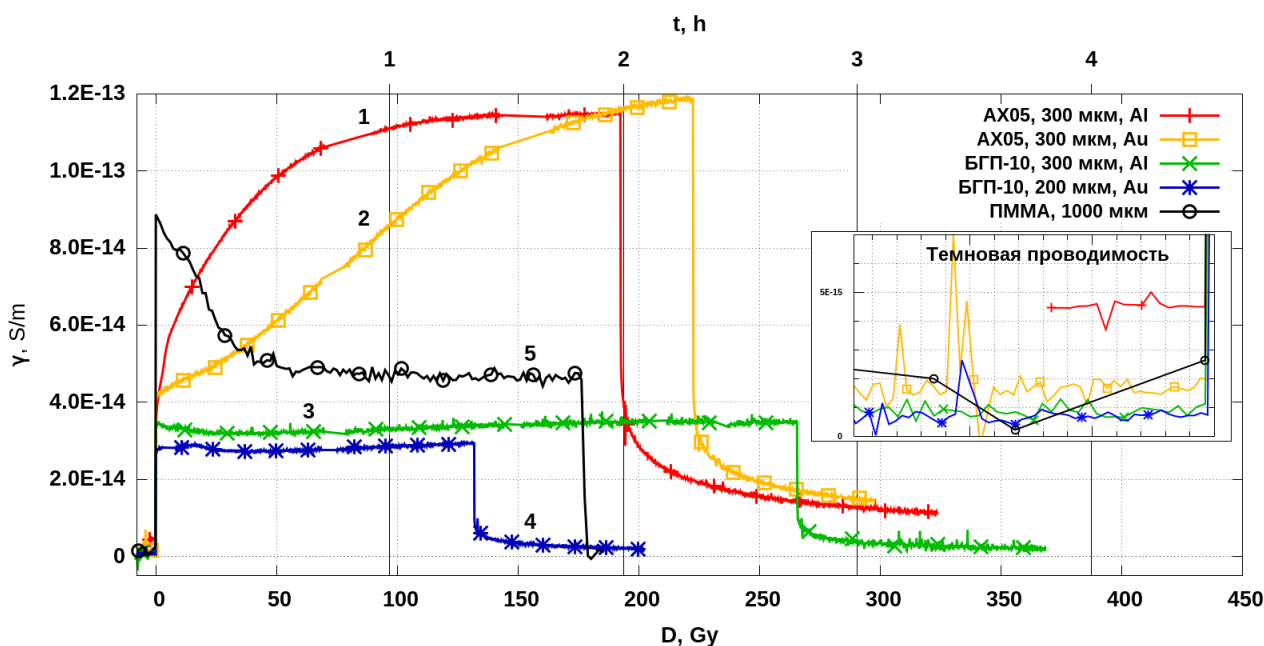


Рисунок 1. Динамика радиационной электропроводности в керамиках AX05 и БГП-10

Объемная проводимость образцов из материала AX05 (кривые 1,2) монотонно возрастает с ростом дозы излучения до практически постоянного значения $(1,15-1,2) \times 10^{-13}$ S/m при достижении значений дозы (190–220) Gy и не зависит от типа электродов (Al или Au). Время облучения (2–2,2) часа. Однако наблюдается разница в динамике нарастания σ_v в образцах с Al-электродами и Au-электродами. Динамики радиационной электропроводности образцов № 1 и № 5 (ПММА толщиной 1000 мкм, кривая 5) представляют собой два основных вида, описанных в работе [5]. Нарастание значения электропроводности в образцах № 2 (Au-электроды) происходит значительно медленнее в диапазоне поглощенных доз (0–200) Gy. При этом обнаружен характерный перелом в кривой нарастания σ_v при наборе дозы около 50 Gy (кривая 2).

Таким образом, установлено, что хотя исходные темновые величины электропроводности примерно одинаковы для образцов из AX05 и БГП-10, значения их радиационной электропроводности при длительном облучении высокоэнергетическими гамма-квантами различаются почти на порядок. При этом материал электродов сказывается на динамике σ_v в образцах из AX05, в то время как динамика σ_v в образцах из БГП-10 практически не зависит от материала электродов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лучейкин Г.А. Методы исследования электрических свойств полимеров. – М.: Химия, 1988.
2. ГОСТ 6433.2–71
3. ECSS(ESA/SCC) Basic Specification №22900 – «Total Dose Steady-State Irradiation Test Method».
4. Annenkov Yu. M., Pichugin V. F. Radiative conductivity of alkali-halide crystals // Soviet Physics Journal. –1975. – Vol. 18 – № 10. – P. 1486–1488.
5. Б.М.Вул. ФТТ, 3, 8, 2264, 1961.