

ДЕЙСТВИЕ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ ПОЛИМЕР—СЕГНЕТОКЕРАМИКА

А. М. Магеррамов, М. А. Багиров, А. Ч. Саидов, А. А. Джафаров

Развитие пьезотехники требует создания новых активных диэлектриков. В этой связи большое внимание уделяется получению пьезоэлектрических композитов на основе полимеров и сегнетопьезоэлектрических наполнителей [1]. Для управления электрофизическими характеристиками как полимеров, так и сегнетоэлектриков применяется радиационное воздействие [2, 3], поэтому его с успехом можно использовать и для модифицирования полимерных композитов. Однако вопросы радиационной модификации композитов пока практически не изучены.

В данной статье представлены результаты исследования действия γ -излучения источника Co^{60} на диэлектрические и пьезоэлектрические свойства трех типов полимерных композиций на основе полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП) и ПВДФ с сегнетоэлектрическим наполнителем цирконатом-титанатом свинца ЦТС-19.

Образцы композитов со связностью типа 3—0 в виде пленок толщиной 200 мкм получали путем горячего прессования при давлении 15 МПа, температуре 440—500 К в течение 15 мин, предварительно смешав в шаровой мельнице порошки полимера и пьезокерамики, после чего расплавленную пленку закаляли при температуре 273 К. Затем образцы нагревали до температуры поляризации $T_{\text{п}}=370\div 390$ К, выдерживали в электрическом поле напряженностью $E_{\text{п}}=3\div 5$ МВ/м в течение 1 ч и, не отключая электрического поля, охлаждали в течение 30—50 мин до комнатной температуры. Действие γ -излучения в воздухе до дозы 50 Мрад осуществлялось на установке РХМ- γ -30 с мощностью дозы 2.3 Мрад/ч как до, так и после поляризации.

Измерение $\text{tg } \delta$ и ϵ_k производили при частоте 1 кГц на мосте P -589. Продольный пьезомодуль определяли в статическом режиме [4] по формуле $d_{33}=C_0 U_k / \Delta p S$ (где S — площадь электродов, Δp — изменение давления, U_k — разность потенциалов на электродах, C_0 — емкость запоминающего конденсатора), а пьезочувствительность — по формуле $g_{33} = d_{33} / \epsilon_0 \epsilon_k$ (ϵ_k — диэлектрическая проницаемость образца). Погрешность измерения d_{33} составляла 6 %, а g_{33} — 10 %.

При получении зависимостей ϵ_k и $\text{tg } \delta$ композитов с разными соотношениями объемного содержания составляющих оказалось, что при малых дозах облучения (5—20 Мрад) наблюдается снижение $\text{tg } \delta$ и ϵ_k . Так, для композитов ПЭ/ЦТС, ПП/ЦТС и ПВДФ/ЦТС (50 : 50 об. %) ϵ_k составляло до облучения 36, 44 и 80 соответственно, тогда как после облучения дозой 20 Мрад ϵ_k составляло 21, 32 и 64 соответственно. То же самое происходит и со значениями $\text{tg } \delta$. При увеличении дозы облучения возрастают диэлектрические потери, причем с увеличением доли сегнетокерамики наблюдается более быстрый рост $\text{tg } \delta$. Изменения диэлектрических свойств полимерных композитов, по-видимому, связаны со структурированием полимера и изменением электрической активности доменов пьезокерамики.

На рис. 1 приведены температурные зависимости $\text{tg } \delta$ и ϵ_k до (кривые 1, 2) и после предварительного облучения дозой 10 Мрад (кривые 1', 2') композита ПЭ/ЦТС-19 (80/20 об. %). Видно, что в интервале температур до 180 °С значения ϵ_k и $\text{tg } \delta$ у облученных образцов ниже, чем у необлученных. Максимум на кривой $\text{tg } \delta (T)$ при 90 °С после облучения уширяется и смещается на 10° в сторону низких температур. Кроме того, после облучения появляется плечо максимума при 100—110 °С (кривая 1). Потери при температурах 70—90 °С могут быть связаны с освобождением

зарядов на границах раздела фаз, а высокотемпературные потери — с возрастанием электропроводности образца. Уширение максимума $\text{tg } \delta$ и появление плеча могут быть объяснены тем, что облучение приводит к образованию новых ловушек типа радиационных дефектов в полимерных композитах, а также росту подвижности доменных границ и увеличению электрической активности при облучении образцов полимерных композитов. Об этом свидетельствуют также результаты пьезоэлектрических измерений облученных образцов.

На рис. 2 приведено изменение значений d_{33} (кривая 1) и g_{33} (кривая 2) в зависимости от дозы облучения для образцов композита ПЭ/ЦТС-19 (50/50 об. %). При дозе 10 Мрад d_{33} и g_{33} приобретают максимальные значения, причем наиболее значительно (в 2—3 раза) возрастает пьезочувствительность g_{33} , что связано как с уменьшением ϵ_k композита, так и с воз-

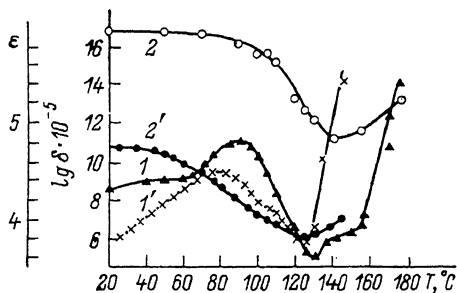


Рис. 1.

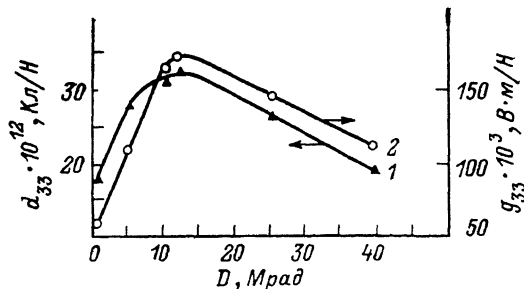


Рис. 2.

растанием d_{33} . Следует отметить, что еще одной из причин изменения пьезоэлектрических свойств полимерных композитов может быть образование множественных радиационных дефектов при γ -облучении. Очевидно, что эти радиационные дефекты будут локализованы преимущественно на границах раздела полимер—сегнетокерамика и границах доменов, увеличивая их подвижность, что, по-видимому, приводит к увеличению степени униполярности композитов. Все эти перестройки доменных структур, вызванные действием малых доз γ -облучения, могут быть причиной возрастания пьезочувствительности полимерных композитов.

Таким образом, приведенные данные показывают возможность существенного модифицирования диэлектрических и пьезоэлектрических свойств полимерных композитов путем действия γ -излучения в воздухе.

Л и т е р а т у р а

- [1] Луцкейкин Г. А., Иванова Л. А. Полимерные пьезоматериалы (обзорная информация). М., НИИТЭХИМ, 1986, с. 46—54.
- [2] Пешиков Е. В. Радиационные эффекты в сегнетоэлектриках. Ташкент: Фан, 1986. 140 с.
- [3] Радиационная химия полимеров. М.: Наука, 1973. 447 с.
- [4] Шахтажтинский М. Г. и др. Высокомолек. соед., 1986, т. 29А, № 2, с. 241.

Поступило в Редакцию
31 марта 1988 г.
В окончательной редакции
22 июня 1988 г.