

**ВЛИЯНИЕ  $\gamma$ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА БАРИЯ****Г. А. УРАЛОВ**

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института ядерной физики)

Исследованию свойств монокристаллов и керамик титаната бария посвящено большое число работ [1-4]. Но, несмотря на большой интерес к титанату бария, влияние ионизирующего излучения на  $\text{BaTiO}_3$  и керамики на его основе в настоящее время почти не исследовано. Имеющиеся работы описывают поведение титаната бария под действием нейтронного облучения [5]. Влияние же  $\gamma$ -квантов на керамики на основе титаната бария в настоящее время еще не изучено.

Широкое применение керамики на основе титаната бария могут найти в электронике СВЧ [6] и ускорительной технике [7]. В последнем случае керамика будет работать в поле  $\gamma$ -излучения. Поэтому представляет интерес исследовать влияние  $\gamma$ -излучения на электрические свойства керамик в диапазоне СВЧ.

Электрические свойства материалов можно характеризовать двумя величинами: проницаемостью  $\epsilon'$  и тангенсом угла потерь  $\text{tg } \delta$ . Так как эти величины связаны с проводимостью, то они должны меняться под действием ионизирующего излучения.

В настоящей работе описываются экспериментальные результаты исследования свойств керамик на основе титаната бария под действием  $\gamma$ -излучения от источника  $\text{Co}^{60}$  в диапазоне СВЧ ( $\lambda = 10$  см).

Для измерения  $\epsilon'$  и  $\text{tg } \delta$  керамик в поле  $\gamma$ -излучения была создана установка, удовлетворяющая следующим требованиям:

1) установка должна позволять дистанционно измерять диэлектрики с большими значениями диэлектрической проницаемости. Это требование вытекает из соображений радиационной безопасности;

2) установка должна позволять одновременно измерять проницаемость и тангенс угла потерь. Это требование вытекает из того, что образцы обладают определенным разбросом в  $\epsilon'$  и  $\text{tg } \delta$ , а также из того, что  $\text{tg } \delta = f(\epsilon')$ ;

3) для повышения точности измерения необходимо измерять величины, которые зависят от  $\epsilon'$  и  $\text{tg } \delta$ , в возможно меньший отрезок времени.

Для измерения проницаемости и потерь диэлектриков с большими  $\epsilon'$  наиболее приемлемыми оказываются резонансные методы [8]. Блок-схема установки показана на рис. 1.

Требование дистанционного измерения приводит к тому, что в линиях связи установки будет теряться значительная доля энергии в. ч. генератора. Поэтому был выбран генератор 1 с большим уровнем мощности на выходе (ГС-22). Сигнал от в. ч. генератора через аттенюатор 2 поступает на резонатор 3, который представляет собой прямоугольный резонатор на волне  $H_{10}$  с частичным заполнением исследуемым диэлектриком. Исследуемая керамика марки Т-80 и Т-150

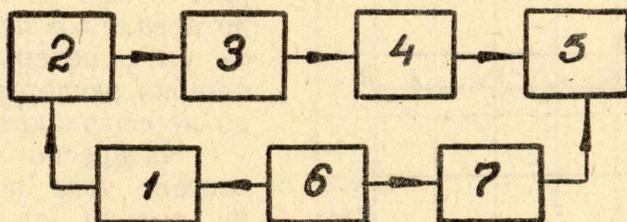


Рис. 1. Блок-схема установки:  
1 — генератор в. ч. импульсов (ГС-22), 2 — аттенюатор, 3 — резонатор, 4 — детектор, 5 — осциллограф, 6 — генератор прямоугольных импульсов, 7 — линия задержки

изготовлена в виде прямоугольных пластин с сечением, равным сечению резонатора, и толщиной, близкой к четвертьволновому слою. Располагается пластина на расстоянии 1 мм от торца резонатора. Это связано с тем, что, как показали расчеты, в этом случае будет наибольшая точность измерения  $\epsilon'$  и  $\text{tg } \delta$  диэлектриков при больших значениях проницаемости. Сигнал с резонатора через детектор 4 поступает на вход осциллографа 5.

Чтобы выполнить требование кратковременности измерения резонансной частоты и добротности, в установке использовалась модификация метода декремента затухания [9], которая позволяет быстро измерять параметры низкодобротных резонаторов. Этой цели служат генератор прямоугольных импульсов 6 и линия задержки 7. Отрицательный импульс с генератора 6 через линию задержки 7 поступает на модулирующий электрод осциллографа 5, а положительный — на модуляцию в. ч. генератора 1. В качестве генератора прямоугольных импульсов и линии задержки использовались стандартные приборы 26И и МГИ-1 соответственно.

Как показали расчеты, с помощью описанной схемы можно измерять проницаемость и тангенс угла потерь с максимальной погрешностью 5 и 30 % соответственно.

Описанная выше установка позволила провести исследования по изменению электрических свойств керамик на основе титаната бария в диапазоне СВЧ до, во время и после облучения. Источником  $\gamma$ -квантов служил  $\text{Co}^{60}$  гамма-установка института ядерной физики АН УЗССР. Эксперименты проводились при температуре 28°C. Экспериментальные результаты представлены на рис. 2—4.

На рис. 2 показано изменение отношения тангенса угла потерь в поле  $\gamma$ -излучения  $\text{tg } \delta$  к тангенсу угла потерь до облучения  $\text{tg } \delta_0$  в зависимости от логарифма интегральной дозы  $\lg D$  при мощности дозы 11 p/сек. Как видно из рис. 2, в интервале доз  $10^3$ — $10^7$  p отношение  $\text{tg } \delta / \text{tg } \delta_0$  остается постоянным. Весьма возможно, что начальная точка 1 сдвинута влево в связи с тем, что время облучения до интегральной дозы  $10^3$  p мало и снять экспериментальные точки

в этой области оказалось невозможно. Аналогично время отжига (здесь и далее имеется в виду временной отжиг) после облучения (точки 2—3) тоже мало и для данной мощности дозы в диапазоне доз  $10^3$ — $10^7$  p не превышает двух минут. Причем  $\text{tg } \delta$  падает до значения, соответствующего необлученным образцам.

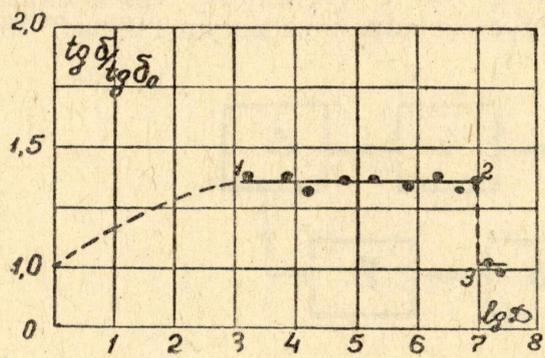


Рис. 2. Зависимость отношения тангенсов угла потерь от дозы облучения (мощность дозы 11 p/сек)

интегральной дозе  $2 \cdot 10^7$  p, а на рис. 4, б — при интегральной дозе  $2,2 \cdot 10^8$  p.

Заметим, что начальное значение тангенса угла потерь  $\text{tg } \delta_0$  для образцов, облучаемых в поле с мощностью дозы 270 p/сек, несколь-

С увеличением интегральной дозы время отжига увеличивается, как показано на рис. 3, но в исследованном интервале доз значения тангенса угла потерь в пределах ошибки эксперимента спадают до первоначального значения.

Интересно отметить, что тангенс угла потерь зависит не только от интегральной дозы, но и от мощности дозы. На рис. 4, а показана зависимость тангенса угла потерь от временного отжига при различных мощностях дозы при

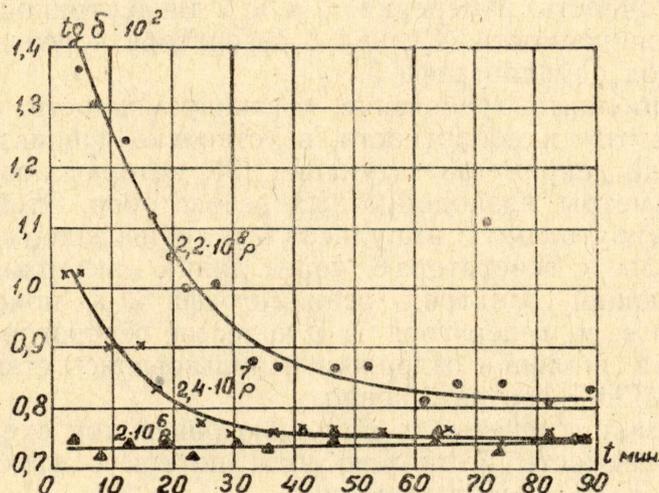


Рис. 3. Влияние отжига на тангенс угла потерь в зависимости от интегральной дозы облучения (мощность дозы 425 p/сек)

ко больше, чем начальные значения  $\text{tg } \delta_0$  для образцов, облучаемых в поле с мощностью дозы 425 p/сек. Учитывая это, можно видеть, что время „отжига“ в этих случаях примерно одинаково. Из рис. 4, а и 4, б можно сделать вывод, что число дефектов растет с ростом мощности дозы ионизирующего излучения. Очевидно, это связано с временным отжигом во время облучения. Что касается проникаемости, то никаких изменений ее при дозах до  $2 \cdot 10^8$  p обнаружено не было.

Наиболее важным эффектом действия на диэлектрики  $\gamma$ -излучения, как и рентгеновских лучей, является процесс ионизации. Кроме этого, часть энергии, приносимая  $\gamma$ -квантами, может расходоваться на смещение атомов и на эффекты, предложенные Зейтцем и Варли [10]. Тот факт, что тангенс угла потерь после облучения в поле  $\gamma$ -излучения дозой до  $2 \cdot 10^8$  р восстанавливается до первоначального значения, говорит о том, что смещение атомов и эффекты Зейтца и Варли в этом интервале доз весьма незначительны. О том же говорит и то, что при данных дозах проникаемость образцов не меняется.

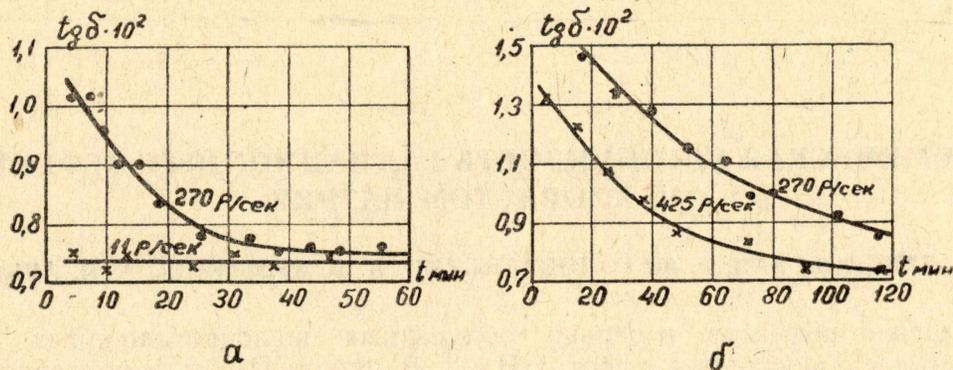


Рис. 4. Наличие отжига на тангенс угла потерь в зависимости от мощности дозы облучения:

а — интегральная доза  $2 \times 10^7$  р, б — интегральная доза  $2,2 \times 10^8$  р.

Таким образом, в результате  $\gamma$ -облучения керамик на основе титаната бария наблюдается увеличение тангенса угла потерь, которое пропорционально не только интегральной дозе, но и мощности дозы. После облучения эти эффекты исчезают с течением времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Поплавко. ФТТ, 4, № 4, 1069, 1962.
2. Ф. Ф. Коджеспиров. Сб. «Физика диэлектриков». М., АН СССР, 1960.
3. В. М. Гуревич, И. С. Рез. ФТТ, 2, № 4, 673, 1962.
4. Г. А. Липаева, Г. И. Сканави. ФТТ, 2, № 3, 506, 1960.
5. Воздействие радиоактивного излучения на электроизоляционные материалы. Госэнергоиздат, М.—Л., 1959.
6. Ю. М. Поплавко. ФТТ, 4, № 9, 2606, 1962.
7. А. А. Воробьев, Л. Н. Безматерных, А. Н. Диденко, А. И. Лисицын, А. П. Ольшанский. Изв. вузов, Радиофизика, т. VII, № 2, 338, 1964.
8. А. А. Брандт. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. ГИЗ ФМЛ, М., 1963.
9. П. И. Госьков, П. И. Матяж. Измерение низкочастотных резонаторов. Авторское свидетельство № 171030, БИТЗ № 10, 1965.
10. Дж. Дине, Дж. Виниард. Радиационные эффекты в твердых телах. ИЛ, 1960.