

ков В. И. Радиоактивные изотопы в исследовании и автоматизации контроля износа. М.: Машиностроение, 1967. [3] Pinel J., Levailant C. Tomson—CSF, патент Франции № 2133316 G 01 п. 23/00, 1972. [4] Зандберг Э. Я., Ионов Н. И. Поверхностная ионизация.— УФН, 1959, 67, № 4, с. 581—623.

Поступила в редакцию
29.12.70

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1981, Т. 22, № 6

УДК 535.544:537.721.8

ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ РАЗРЯДА ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

А. И. Нагаев, В. Н. Парыгин, Л. В. Щекотуров

(кафедра физики колебаний)

Постоянная времени разряда τ электрооптических кристаллов, применяемых в электронно-лучевых пространственных модуляторах света, является важной характеристикой, определяющей время хранения записанной информации. Работ, в которых проводятся прямые измерения τ электрооптических кристаллов, мало (см., например, [1]).

В данной работе проведены измерения τ кристалла *DKDP* с содержанием дейтерия 96% в зависимости от температуры и кристалла $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ при температуре $t_r = 2^\circ\text{C}$. Методики измерения основаны на

определении количества заряда, оставшегося на кристалле, по прошествии определенного времени. Схема установки для измерения τ представлена на рис. 1.

Кристалл 1 с нанесенным с одной стороны проводящим слоем (сигнальной пластиной) 2 помещается в откачиваемый объем 3 и может охлаждаться термоэлектрическим микроохладителем 4. Заряд на кристалл наносится электронной пушкой 5, работающей в импульсном режиме. Она управляется генератором 6 и заряжает кристалл за время импульса Δt . Применяется режим равновесной записи [2]. Ускоряющее напря-

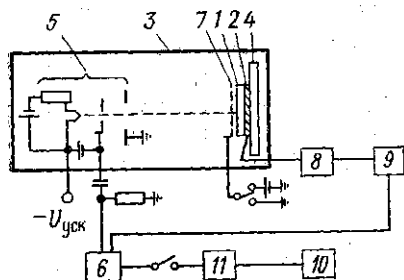


Рис. 1. Схема установки для измерения постоянной времени разряда кристаллов

жение электронной пушки выбирается таким, что коэффициент вторичной эмиссии кристалла больше 1. В этом случае процессом заряда управляет барьерная сетка 7, расположенная вблизи поверхности кристалла. Потенциал поверхности, бомбардируемой электронным лучом, доводится за время импульса Δt до потенциала сетки. Ток заряда кристалла снимается с сигнальной пластины и через усилитель тока 8 подается на осциллограф 9. Кривая изменения зарядного тока в течение импульса Δt фотографируется с экрана осциллографа. Величина заряда равна площади под кривой зарядного тока.

Поскольку τ кристалла *DKDP* сильно меняется в зависимости от температуры, применялись две методики. Для малых τ ($\tau < 10$ с) измерения проводились по кривым зарядного тока. Для постоянных времени, превышающих 10 с — по кривым тока разряда кристалла. По первой методике измерения выполнялись следующим образом. На сетку 7 подавался положительный относительно сигнальной пластины потенциал ~ 200 В. Электронный луч диаметром 0,3 мм заряжал кристалл

в течение времени импульса Δt , при этом $\Delta t \ll \tau$. Величина тока электронной пушки должна быть достаточной, чтобы зарядить кристалл за время импульса. При этом зарядный ток убывает к концу импульса в 5—6 раз и практически не меняется при увеличении длительности импульса (см. рис. 2).

Генератор 6, задающий длительность импульсов Δt , работал в ждущем режиме. Период следования импульсов T задавался генератором 10 и частотомером 11, работающим в режиме деления частоты. Количество заряда, оставшееся на кристалле, зависит от соотношения периода T и постоянной времени разряда τ . Значение τ определяется по формуле

$$\tau = \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{q_{\Delta t} - q_{T_2}}{q_{\Delta t} - q_{T_1}}}, \quad (1)$$

где q_{T_2} и q_{T_1} — величины дозарядки кристалла при периодах следования импульсов T_2 и T_1 соответственно, $q_{\Delta t}$ — величина заряда кристалла, когда период следования импульсов $T \gg \tau$.

Относительная ошибка измерения τ предложенным методом равна

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \tau}{\tau} = & \frac{\Delta(T_1 - T_2)}{T_1 - T_2} + \frac{1}{2 \ln \frac{q_{\Delta t} - q_{T_2}}{q_{\Delta t} - q_{T_1}}} \frac{\Delta(q_{\Delta t} - q_{T_2})}{q_{\Delta t} - q_{T_2}} + \\ & + \frac{1}{4 \ln \frac{q_{\Delta t} - q_{T_2}}{q_{\Delta t} - q_{T_1}}} \frac{\Delta(q_{\Delta t} - q_{T_1})}{q_{\Delta t} - q_{T_1}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что выбор величин q_{T_1} , q_{T_2} (периодов T_1 , T_2) существенно влияет на точность измерения τ . Удовлетворительная точность получается в том случае, когда $(q_{\Delta t} - q_{T_2}) / (q_{\Delta t} - q_{T_1}) > 3$.

В эксперименте выбирались следующие значения периодов: $T \gg \tau$ ($q_T = q_{\Delta t}$); $T_1 \sim 0,8 \tau$; $T_2 \sim (0,1 - 0,3) \tau$. По этой методике можно было измерить τ в интервале 0,01—10 с.

Для постоянных времени разряда больше 10 с применялась другая методика. Разрядный ток измерялся по огибающей импульсов тока разряда. Чтобы разряд происходил достаточно медленно, а огибающая была достаточно плавной, плотность тока луча должна быть меньше, чем в предыдущем случае. Поэтому диаметр луча увеличивается до величины ~ 3 мм. На сетку подается такой же потенциал, как и в предыдущем случае. Потенциал зарядного пятна доводится до потенциала сетки за 10—20 импульсов тока электронной пушки. Период следования импульсов ($T = 1 \cdot 10^{-2}$ с) и длительность импульсов ($\Delta t = 5 \cdot 10^{-4}$ с) задается генератором 6, работающим в автономном режиме. После заряда кристалла генератор 6 выключается, сетка 7 заземляется. Через время t генератор 6 включается. Электронный луч при нулевом напряжении на сетке разряжает кристалл. Ток разряда с сигнальной пластины через усилитель 8 подается на осциллограф 9. Величина τ определяется по формуле

$$\tau = \frac{t_1 - t_2}{\ln q_2 - \ln q_1}, \quad (3)$$

где q_1 и q_2 — заряды, оставшиеся на кристалле через времена t_1 и t_2 после заряда кристалла. Как и в предыдущем случае, соотношение

величин q_1 , q_2 существенно влияет на точность измерения (необходимо, чтобы $\ln(q_2/q_1) \gg 1$).

По второй методике могут быть измерены постоянные разряда материалов от десятков секунд до нескольких часов.

Результаты измерений постоянной времени разряда кристалла *DKDP* с содержанием дейтерия 96% в зависимости от температуры приведены на рис. 3.

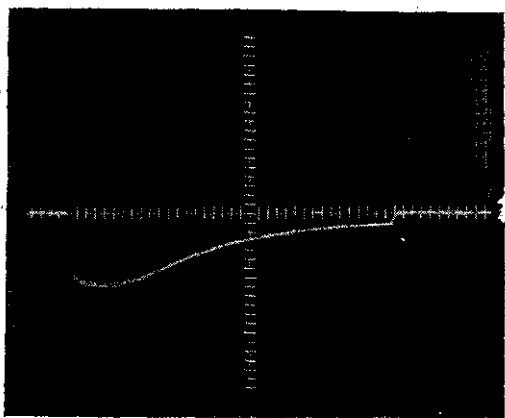


Рис. 2. Оциллограмма импульса зарядного тока кристалла *DKDP*

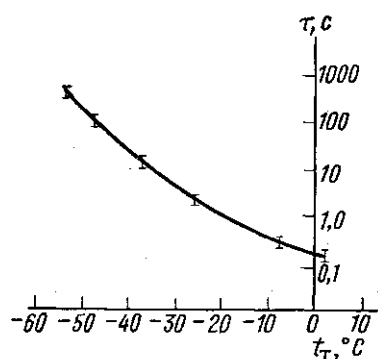


Рис. 3. Зависимость постоянной времени разряда кристалла *DKDP* от температуры

Измерение τ для кристалла $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ при температуре 2°C дало величину 360 ± 60 с.

Величины τ кристалла *DKDP*, полученные в данной работе, меньше значений, которые приводятся в работах [1, 3]. Это можно объяснить повышенным содержанием примесей в данном образце. Постоянная времени, измеренная для $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, достаточно хорошо совпадает с τ , вычисленной в работе [3].

Использованные в работе методики позволяют определять τ различных материалов, лежащие в интервале от нескольких миллисекунд до нескольких часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Никаноров С. И., Носков А. Б., Парыгин В. Н. — Исследование электронно-лучевых модуляторов света на кристаллах класса $42m$. — Радиотехника и электроника, 1973, 8, № 10, с. 2205—2208. [2] Каган В., Кнолл М. Electronic Image Storage. N. Y., 1968, p. 105. [3] Мари Ж., Донжон Ж., Азан Ж.-П. Устройства воспроизведения изображений, основанные на эффекте Поккельса и их применение. — В кн.: Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений. М.: Мир, 1978, т. 1, с. 246—327.

Поступила в редакцию
29.12.80