

**ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В СТЕКЛАХ ПРИ
ОБЛУЧЕНИИ ИХ ПОТОКОМ ЭЛЕКТРОНОВ**

Е. К. ЗАВАДОВСКАЯ, В. А. СТАРОДУБЦЕВ

Нами были подвергнуты действию облучения электронным пучком с плотностью потока $3,1 \times 10^{12}$ электрон/см² сек и энергией электронов 1,25 Мэв две группы различного состава алюмофосфатных стекол:

- 1) 10% RO + 20% Al₂O₃ + 70% P₂O₅ и 25% Al₂O₃ + 75% P₂O₅,
- 2) 40% RO + 5% Al₂O₃ + 55% P₂O₅.

Молярный процент состава стекол определялся по синтезу. Стекла варились из реактивов марки ЧДА в кварцевых тиглях. Образцы стекол размерами 15 × 15 × 2 мм имели полированные поверхности. При облучении образцы располагались на заземленной алюминиевой подложке и охлаждались струей воздуха.

При облучении все стекла окрашивались. Интенсивность окрашивания по глубине образцов не равномерная. Слой наиболее интенсивного окрашивания имеет толщину примерно 1,5 мм. При сравнимых дозах облучения более сильную окраску приобретают стекла второй группы составов. Спектры оптического поглощения у всех облученных стекол имеют две полосы поглощения в видимой области с максимумами при 410 нм и 520 нм. Аналогичные спектры поглощения наблюдаются в фосфатных стеклах, облученных γ-лучами Co⁶⁰ [1].

В стеклах первой группы составов, при облучении их электронами дозой $4 \cdot 10^7$ рад и больше, наблюдается электрический разряд. В стеклах второй группы составов разряда не наблюдалось при увеличении указанной дозы облучения больше, чем в шесть раз.

Разряд развивается в середине образца, вероятно, на границе между интенсивно окрашенными и неокрашенными частями объема, то есть на участке наибольшего градиента.

Наблюдаемый в стеклах разряд представлен на рис. 1 и 2. Разряд имеет ветвистую форму, оплавления стекла в месте пробоя визуально не наблюдается. По внешнему виду разряд, изображенный на рис. 1, напоминает клидонограмму при положительном электроде — острие, а на рис. 2 — при отрицательно заряженном острие. Разряд в стеклах наблюдается также после их длительного хранения (до 2 недель и больше) при прикосновении к стеклу заземленной металлической обкладки.

Разряд, возникающий при более высоких дозах облучения, чем 4×10^7 рад, сопровождается разрушением образцов по следам разряда на отдельные кусочки. По характеру развивающегося в стеклах разряда он, видимо, может быть отнесен к электрической форме пробоя.

В некоторых образцах стекол происходило частичное разрушение только в слабо окрашенном слое, через который проходил канал разряда.

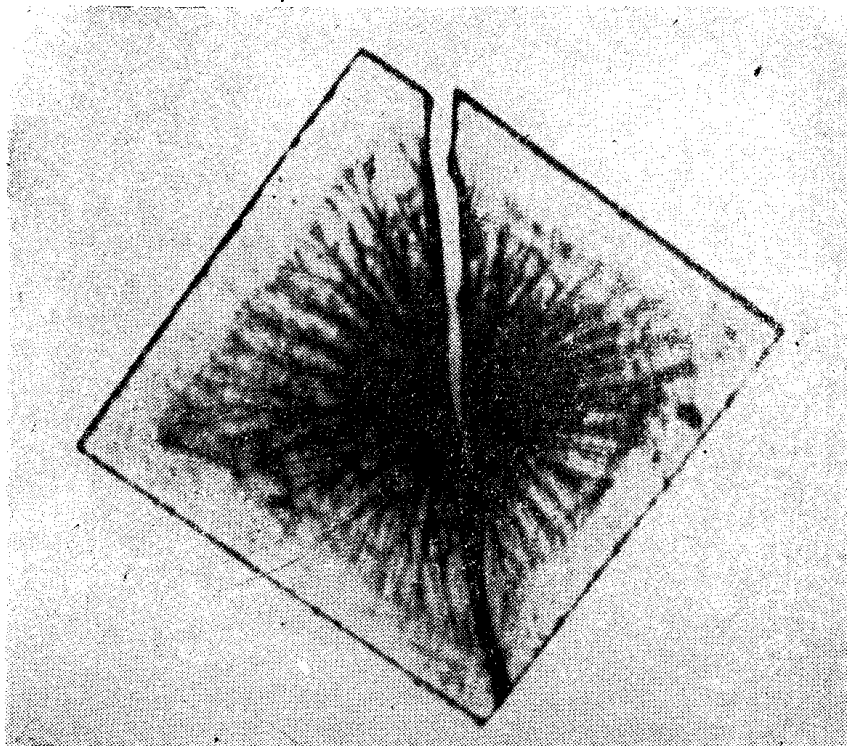


Рис. 1. Следы разряда в образцах стекол состава $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$, облученных дозой 74 *Мрад*

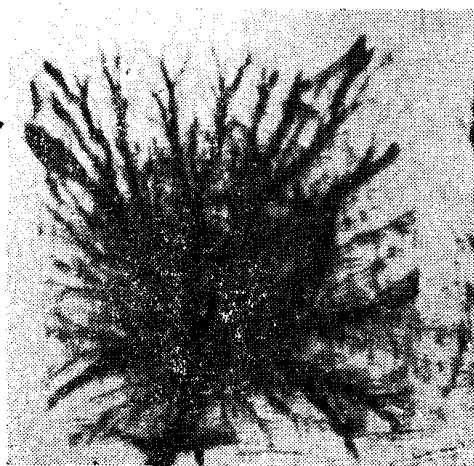


Рис. 2. Следы разряда в образцах стекол состава 10% MgO + 20% Al_2O_3 + 70% P_2O_5 , облученных дозой 84 *Мрад*

Этот слой сам отделялся от незатронутого разрядом окрашенного слоя, без какого-либо внешнего воздействия. Известно, что в окрашенных ионизирующими излучениями кристаллах возникают внутренние механические напряжения [2]. Вероятно, что в облученных стеклах также возникают механические напряжения. Между окрашенными участками образцов и неокрашенными участками могут существовать механические усилия. Когда величина этих усилий достигает значения, равного механической прочности, то наблюдается отслаивание неокрашенного слоя стекла.

В исследуемых нами стеклах производилось измерение электропроводности до и после облучения их электронами. Измерения производились в вакууме, в температурном интервале от 50°C до 350°C

при скорости нагрева 3°C в минуту и напряженности электрического поля $E = 200$ в/см. На образцы путем катодного распыления наносились измерительные и охранные платиновые электроды.

Таблица 1

Свойства исследованных стекол

1	I группа						II группа					
	RO	Доза М рад	ρ , ом·см	μ , см ⁻¹	$\frac{\sigma_{обл}}{\sigma_{необл}}$ max	RO	Доза М рад	ρ , ом·см	μ , см ⁻¹	$\frac{\sigma_{обл}}{\sigma_{необл}}$ max		
3	MgO	48	4·10 ¹⁵	0,97	700	MgO	190	1,8·10 ¹⁵	1,21	73		
4	CaO	42	1,7·10 ¹⁵	2,20	138	CaO	170	6,1·10 ¹³	8,10	3,0		
5	SrO	41	2·10 ¹⁴	3,68	50	SrO	220	5,6·10 ¹³	9,15	2,3		
6	BaO	44	1,4·10 ¹⁵	2,84	250	—	—	—	—	—		
7	—	37	4·10 ¹⁵	0,22	12.000	—	—	—	—	—		

Примечание:

1. μ —коэффициент поглощения в максимуме полосы с $L=520$ н.м.
2. Значение ρ рассчитано для температуры, при которой $(\sigma_{обл}-\sigma_{необл}) = \text{max}$.
3. В строке 7 приведены данные для стекол состава $Al_2O_3 \cdot 3P_2O_5$

На рис. 3 представлена зависимость проводимости от температуры для стронциевых алюмофосфатных стекол первой группы составов (кривая 1 — для облученных стекол, кривая 2 — для необлученных). Подобный характер зависимости электропроводности от температуры наблюдается для всех исследованных стекол.

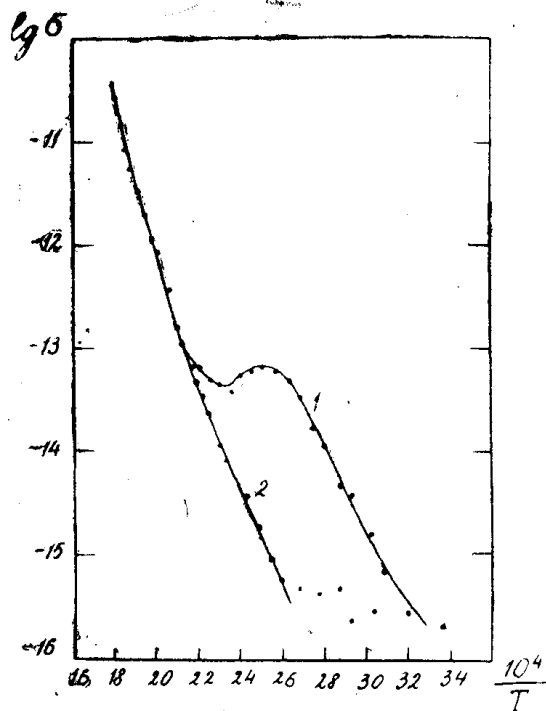


Рис. 3. Зависимость проводимости стекол состава 10% SrO + 20% Al₂O₃ + 70% P₂O₅ от температуры. Кривая 1 — для образцов облученных дозой 41 Mrad, кривая 2 — для необлученных образцов

Облучение стекол электронным пучком вызывает увеличение электропроводности и отклонение от линейного характера зависимости логарифма электропроводности от температуры.

При нагревании образцов в процессе измерения наблюдается рост разности между величинами проводимости стекол до облучения и после облучения, которая достигает наибольшего значения при температурах 160°C—200°C. При дальнейшем нагревании облученных образцов их электропроводность уменьшается и при температуре 300°C принимает значение, равное электропроводности необлученных стекол тех же составов. Эффекты, наведенные облучением в стеклах, в процессе измерения отжигаются: стекла полностью обесцвечиваются и ход проводимости при повторном

измерении совпадает с ходом, полученным для тех же образцов до облучения.

В табл. 1 приведены, для стекол двух исследованных групп, значения величин удельного электросопротивления необлученных образцов, значения коэффициента поглощения при $\lambda = 520$ нм облученных образцов и величины наибольшего отклонения проводимости облученных стекол от проводимости тех же образцов при той же температуре до облучения.

Сопоставление данных показывает, что стекла первой группы составов характеризуются большим значением удельного электросопротивления, большим изменением проводимости после облучения и меньшей окрашиваемостью под облучением по сравнению со стеклами второй группы.

Большое сопротивление стекол первой группы составов обуславливает накопление большего заряда, вызывающего возникновение электрических полей, достаточных для пробоя, и дающего вклад в изменение проводимости облученных стекол.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Бербат, В. П. Данилов. Оптико-механическая промышленность, 5, 43 (1959).
2. Primak W. et al., Phys. Rev., 98, 1708 (1955).