

## О ПРИРОДЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН, ГЕНЕРИРУЕМЫХ В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ СИЛЬНОТОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУЧКАМИ

В. И. Олешко, В. Ф. Штанько

Воздействие интенсивных электронных пучков на твердые тела приводит к возбуждению в них импульсов упругих напряжений [1-5]. Известно, что одной из причин возникновения акустических волн является температурный нагрев зоны взаимодействия электронного пучка с веществом мишени. Принято считать, что главную роль в этом процессе играют ионизационные потери энергии высокоэнергетических электронов [1-4]. Существуют, однако, теоретические и экспериментальные работы [6-9], свидетельствующие о том, что ионизационные потери явля-

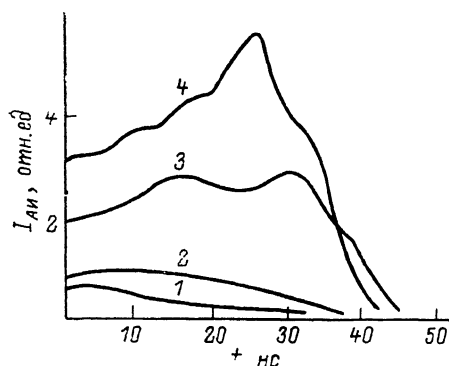


Рис. 1. Осциллограммы акустической волны сжатия, генерируемой СЭП в NaCl при плотностях энергии электронного пучка 0.08 (1), 0.15 (2), 0.34 (3) и 0.5 Дж/см<sup>2</sup> (4).

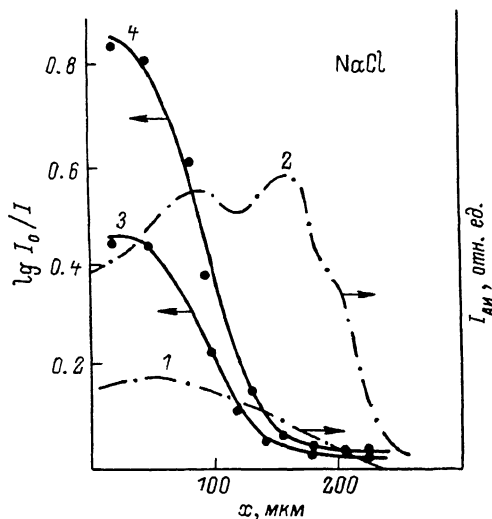


Рис. 2. Профили акустической волны сжатия в NaCl (1, 2) и пространственное распределение оптической плотности в F-полосе (3, 4), измеренной в момент окончания импульса возбуждения.

1, 3 —  $W=0.15$ ; 2, 4 — 0.34 Дж/см<sup>2</sup>.

ются не единственным физическим процессом, приводящим к нагреву и разрушению твердых тел сильноточным электронным пучком (СЭП). Как показано в [7-9], часть энергии мощного электронного пучка при торможении в диэлектрической мишени преобразуется в энергию электрического поля и выделяется в веществе при развитии стримерных разрядов (СР). Средний порог инициирования СР в щелочно-галогидных кристаллах (ЩГК) составляет  $W_0 \sim 0.1$  Дж/см<sup>2</sup>, что значительно ниже плотности энергии СЭП, необходимой для разрушения материала при однократном воздействии  $W_p$ . Объемная плотность энергии в области прохождения СР значительно превышает среднюю плотность энергии, выделяющуюся в веществе за счет ионизационных потерь энергии [8].

В связи с этим представляется важным определить вклад электронных лавин в генерацию акустических волн в ЩГК, облучаемых мощным электронным пучком.

Источником СЭП служил импульсный ускоритель электронов с параметрами: максимальная энергия электронов 0.35 МэВ, длительность импульса тока на полувысоте  $\tau=12$  нс. Плотность энергии электронного пучка измерялась калориметрическим и радиационно-химическим методами и изменялась в пределах 0.07—0.5 Дж/см<sup>2</sup>, что соответствует величинам удельного энерговклада 3.5—25 Дж/см<sup>3</sup>. Акустические волны регистрировались поляризационно-оптическим методом подобно [10]. Эксперименты проводились на образцах NaCl, KCl, KBr, LiF при 295 К в вакууме  $\sim 10^{-3}$  Тор.

Облучение кристаллов однократным импульсом СЭП сопровождалось генерацией акустической волны, представляющей собой следующие друг за другом импульсы сжатия и

растяжения. Изучалось изменение профиля акустического импульса (АИ) сжатия от плотности падающей на образец энергии электронов  $W$ .

Обнаружено, что по мере ее увеличения при  $W > W_0$  максимальная амплитуда АИ сдвигается в глубь образца. Дальнейшее наращивание плотности энергии СЭП приводит к появлению тонкой структуры АИ (рис. 1). В то же время распределение наведенных радиаций центров окраски, например  $F$ -полосы поглощения в NaCl по глубине кристалла, соответствующее пространственному распределению ионизационных потерь энергии СЭП, существенно не изменяется (рис. 2). Объяснить полученные результаты, по нашему мнению, можно только исходя из существования двух механизмов нагрева полных кристаллов интенсивным электронным пучком — передачей энергии материалу за счет процессов неупругого рассеяния быстрых электронов на атомах (ионах) вещества и переходом части энергии СЭП в тепловую при развитии в диэлектрике стримерных разрядов.

Оба механизма нагрева действуют практически одновременно, так как с точностью  $\sim 3$  не отсутствует запаздывание инициирования СР относительно импульса тока СЭП. При этом ионизационные потери энергии характеризуются однородным распределением температуры и центров окраски в области взаимодействия высокоэнергетических электронов с веществом, а разогрев электронными лавинами носит пространственно-неоднородный характер. Подтверждением этому является соответствие профиля АИ пространственному распределению СР в образце, определенному по остаточным микроканалам электрического пробоя, образующимся в веществе после многократного облучения.

Таким образом, результаты, полученные в настоящей работе, позволяют сделать заключение о существовании по крайней мере двух физических процессов, ответственных за формирование термоупругих напряжений в ШГК, возбуждаемых интенсивным электронным пучком. При плотности энергии СЭП  $W > W_0$  пробойный механизм возбуждения акустических волн является основным.

#### Литература

- [1] Perry F. C. Appl. Phys. Lett., 1970, v. 17, p. 478—480.
- [2] Oswald R. B., Mclean F. B., Schallhorn D. B., Buxton D. J. Appl. Phys., 1971, v. 42, p. 3463—3473.
- [3] Авиллов А. М., Воловик В. Д., Петренко В. В., Пономарев В. Н. ФТТ, 1977, т. 19, № 1, с. 320—321.
- [4] Глота В. И., Карась В. И. Укр. физ. журн., 1985, т. 30, № 7, с. 1093—1097.
- [5] Беспалько А. А., Геринг Г. И. В кн.: Сильноточные импульсные электронные пучки в технологии. Новосибирск: Наука, 1983. 169 с.
- [6] Диденко А. Н., Чистяков С. А., Яловец А. П. Атомная энергия, 1979, т. 47, № 5, с. 328—332.
- [7] Лисицын В. М., Олешко В. И. Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, № 1, с. 15—18.
- [8] Лисицын В. М., Олешко В. И., Штанько В. Ф. ЖТФ, 1985, т. 55, № 9, с. 1881—1884.
- [9] Лисицын В. М., Олешко В. И., Штанько В. Ф. Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, № 24, с. 1478—1481.
- [10] Куликов В. Д., Лисицын В. М. ЖТФ, 1983, т. 53, № 12, с. 2417—2419.

Томский политехнический институт  
им. С. М. Кирова

Поступило в Редакцию  
25 сентября 1986 г.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕЦИРОВАННОГО ПРОБЕГА ИОНОВ В ПОЛИМЕРНЫХ РЕЗИСТАХ

К. А. Валиев, Л. В. Великов, А. С. Крамаренко,  
Г. С. Волков, А. И. Маслаков

В настоящей работе проведено определение проецированного пробега ионов  $V^+$  в ПММА методом кварцевого микровзвешивания, основанное на уменьшении скорости травления вакуумным ультрафиолетовым излучением при радиационном повреждении полимера [ $1^{-3}$ ].

Суть эффекта ВУФ травления кратко заключается в следующем. Излучение с длиной волны  $\lambda = 120 \div 150$  нм поглощается в слое полимера толщиной 30—50 нм. В этом слое обра-