

05.2

© 1991

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
НА ЛАЗЕРНЫЙ ПРОБОЙ ПОЛИСТИРОЛАН.П. Волошин, В.А. Воробей,
А.В. Знаменский, А.Т. Чистяков

В исследованиях [1] по лазерному облучению прозрачных органических материалов были обнаружены дисковые трещины, ориентированные под углом $\sim 45^\circ$ к лазерному пучку. Это явление объяснялось развитием сдвиговых дефектов в плоскости наибольшего касательного напряжения, возникающего в результате расклинивания вещества газом при диссипации световой энергии на поглощающих центрах. В отношении же механизма оптического пробоя прозрачных органических материалов существует несколько теоретических моделей [1-5], в большей или меньшей степени объясняющих закономерности процесса.

В предлагаемой работе приведены результаты предварительных опытов по изучению влияния внешнего электрического поля на лазерное разрушение полистирола. В соответствии с этим образцы помещались во внешнее стационарное электрическое поле и подвергались лазерному облучению в двух вариантах: параллельно силовым линиям электрического поля и перпендикулярно.

В опытах применялся неодимовый лазер, работающий в режиме свободной генерации на длине волны $\lambda = 1,06$ мкм. Импульсное неполяризованное излучение длительностью ~ 1 мкс и плотностью мощности ~ 5 МВт/см² вводилось в образцы без использования фокусирующих элементов. Диаметр пучка составлял 6 мм, а угол расхождения $\leq 10'$. Облучению подвергались образцы цилиндрической формы длиной 50 мм и диаметром 70 мм.

При отсутствии внешнего электрического поля обычно образовывались одна дисковая трещина диаметром ~ 40 мм на расстоянии ~ 30 мм от входной поверхности образца в случае ввода лазерного излучения по центру торцевой поверхности и 3-4 трещины (рис. 1) разного диаметра (от ~ 10 мм до ~ 30 мм) при облучении через боковую поверхность (1-2 трещины у входной поверхности и по одной в середине образца и у выходной поверхности). Это объяснялось наличием внутренних остаточных напряжений, возникших в процессе изготовления образцов цилиндрической формы. Дисковые трещины во всех случаях ориентировались произвольным образом под углом $\sim 45^\circ$ к пучку и на краях несколько изгибались.

Для исследования лазерного пробоя полистирола, находящегося во внешнем электрическом поле, к торцам образцов присоединялись круглые электроды диаметром 70 мм с центральными отверстиями

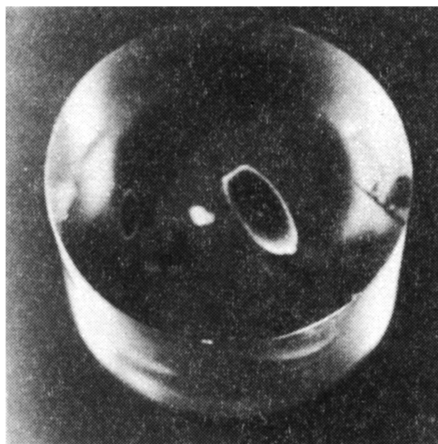


Рис. 1. Дисковые трещины в полистироле при лазерном облучении через боковую поверхность цилиндрических образцов.

ми диаметром 6 мм. На электроды подавалось постоянное напряжение ± 8 кВ.

При облучении образцов перпендикулярно силовым линиям также, как и в отсутствие поля, образовывались 3–4 симметричные по отношению к пучку дисковые трещины тех же размеров, но трещины не имели изгибов и ориентировались строго перпендикулярно торцам образцов. Кроме того, внешнее электрическое поле не влияло на динамику развития трещин, что следует из симметричного распределения продуктов химического разложения на внутренних стенках дисковых трещин. Однако снаружи дисковых трещин обнаружена периодическая структура, образованная прозрачными микротрещинами, ориентированными вдоль силовых линий электрического поля (рис. 2). Глубина микротрещин составляет ~ 10 мкм. Структура не является строго упорядоченной, так как имеются разрывы микротрещин и на общем фоне наблюдается рябь в поперечном направлении. Тем не менее, на отчетливых участках выявлено, что период структуры составляет величину $L \sim \lambda$.

Известно [6], что при воздействии импульсного поляризованного лазерного излучения на полированную поверхность металлов, а также некоторых полупроводников и диэлектриков, наблюдается периодическая структура с периодом $L \approx \lambda$, образованная параллельно расположенными микроразрушениями, ориентированными перпендикулярно плоскости колебаний электрического вектора световой волны. В общем случае это явление объясняется интерференцией падающей и рассеянной вдоль поверхности электромагнитных волн, а для металлов – интерференцией падающей электромагнитной волны с возбуждаемой ею на поверхности электромагнитной волной. Такое объяснение представляемых в данной работе результатов не подходит по двум причинам: во-первых, лазерное излучение не было

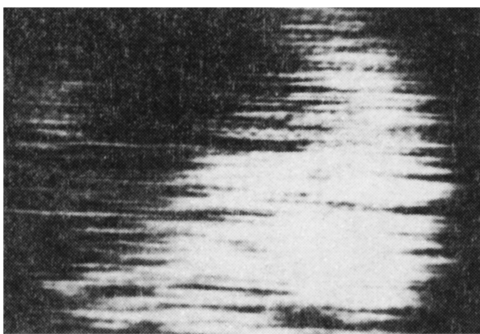


Рис. 2.

поляризованным и, во-вторых, периодическая структура выявлена далеко от зоны облучения (в $\sim 10-15$ мм от центра пучка).

При облучении образцов лазерным излучением параллельно силовым линиям внешнего электрического поля, дисковых трещин, ориентированных под углом $\sim 45^\circ$ к пучку, не было выявлено вообще. Обнаружены только плоские дефекты со следами термического происхождения диаметром $\lesssim 1$ мм, которые расположены вдоль пучка (соответственно, вдоль силовых линий) и их концентрация такая же, как и в опытах без внешнего электрического поля.

Таким образом, данные исследования показали, что внешнее электрическое поле оказывает влияние на воздействие мощного импульсного лазерного излучения на полимерное вещество. Для более конкретных выводов необходимо провести ряд дополнительных экспериментов.

Образцы, использованные в описанных опытах, были проверены на присутствие искусственных алмазов в трещинах. Получены отрицательные результаты.

Авторы выражают благодарность Л.И. Карповицкой и И.В. Подгорновой за помощь в опытах, А.С. Владимирову за ценные обсуждения и Н.П. Козеруку за работы по поиску искусственных алмазов в продуктах химического распада.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Баренблатт Г.И., Всеволодов Н.Н., Миркин Л.Н., Пилипецкий Н.Ф., Райзер Ю.П. // Письма в ЖЭТФ. 1967. Т. 5. № 3. С. 85-87.
- [2] Новиков Н.П. Структура полимерных материалов. Рига: Зинатне, 1979. С. 160.
- [3] Маненков А.А., Нечитайло В.С., Цаприлов А.С. // Квантовая электроника. 1981. Т. 8. В. 4. С. 838.

- [4] Нечитайло В.С. // Изв. АН СССР, сер. физическая. 1982, Т. 46. № 6. С. 1194-1199.
- [5] Меднис П.М., Файн В.М. // ЖЭТФ. 1972. Т. 62. С. 812.
- [6] Бонч-Бруевич А.М., Коченгина М.К., Либенсон М.Н., Макин В.С., Пудков С.Д., Трубаев В.В. // Изв. АН СССР, сер. физическая. 1982. Т. 46. № 6. С. 1186-1193.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт технической физики,
Челябинск

Поступило в Редакцию
10 ноября 1990 г.