

ОСОБЕННОСТИ МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА ПРИ НЕКОТОРЫХ РЕЖИМАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕГО МОЩНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

С. В. Васильев, А. Ю. Иванов, В. А. Лиопо,
В.И.Недолугов

*Гродненский государственный университет им.
Я. Купалы, 230023. БЕЛАРУСЬ, г.Гродно, Ожешко 22*

Объектом исследования был прозрачный органический диэлектрик — полиметилметакрилат (ПММА).

Целью работы являлось изучение зависимости изменений атомно-молекулярной структуры ПММА в зависимости от энергии миллисекундных лазерных импульсов и толщины образца.

В качестве воздействующего использовался рубиновый лазер ГОР-100 М работавший в режиме свободной генерации (длительность импульса $\tau=1,2$ мс). Энергия лазерных импульсов E_0 варьировала в пределах от 4 до 50 Дж и измерялась с погрешностью не хуже 5 %. Схема эксперимента такова, что можно было пренебречь энергией переизлучения за счет тормозных и рекомбинационных процессов, а также энергией, рассеянной областью поглощения. Для определения полей плотности и температуры в образце в ходе воздействия на него лазерного излучения образец помещался в одно из плеч голографического интерферометра Маха-Цендера. Зондирующее излучение направлялось в коллиматор, позволявший получать параллельный световой пучок диаметром от 2 мм до 3 см и превышающим толщину облучаемого образца, что

позволило наблюдать за ростом кратера, изменением плотности и температуры вещества в облучаемой зоне, а также за формированием и распространением в веществе мишени упругих волн. Интерферометр был состыкован со скоростной фоторегистрирующей камерой СФР-1М, плоскость фотопленки в которой была сопряжена с помощью специального объектива с меридианальным сечением воздействующего на образец лазерного луча. Скоростная камера работала в режиме лупы времени. Полученные кадры голограмм сфокусированного изображения имели пространственное разрешение по полю объекта примерно 25 мкм. Временное разрешение составляло примерно 1 мкс. Были проведены специальные исследования профилей кратеров, полей равной плотности и температур для различных образцов и в разные моменты времени. Установлено, что рост кратера продолжался только в течение первых 100 мкс с начала воздействия на образец лазерного излучения, причем при действии лазерного излучения на мишень толщиной 1 мм кратеры образовывались как на облучаемой, так и на тыльной стороне образца. Мы объясняем это тем, что размеры фокальной области (области каустики) фокусирующей системы превышали 1 мм. В последующие моменты времени ($t > 100$ мкс) для образцов толщиной $L > 3$ мм изменения линий равной плотности (и температуры) вещества носили трехмерный (почти сферический) характер и протекали значительно медленнее, чем в первые 100 мкс. В образце толщиной $L = 1$ мм положения линий равной плотности (и температуры) имели радиальный характер и в осевом направлении изменялись незначительно.

Для определения структурных изменений в ПММА под действием лазерного облучения использовался рентгеновский дифрактометр ДРОН-2.0. Излучение $\text{Cu K}\alpha$ — фильтрованное ($\lambda = 1,540 \text{ \AA}$). На рентгенограммах, снятых в интервалах углов дифракции $\varphi = 2\theta$ от 5° до 90° , отчетливо проявляется достаточно выраженные гало в области углов $\varphi = 14^\circ - 18^\circ$ и более размытое гало на углах $\varphi = 27^\circ - 33^\circ$. Рентгенограммы, снятые от образцов ПММА толщиной $L = 3 \text{ мм}$ и более до и после воздействия на них лазерных импульсов, практически одинаковые. Для образцов с толщиной $L = 1 \text{ мм}$ наблюдается для обоих гало изменение их положения (θ), интенсивности (I), полуширины (Δ) и асимметрии (A). Исследованы зависимости указанных параметров от энергии поглощенного лазерного излучения. Отметим, что на рентгенограммах облученных образцов иногда появляются достаточно выраженные селективные (полуширина $\Delta \approx 0,1^\circ$) рефлексы, что говорит о возникновении областей с молекулярным упорядочением в ПММА под действием лазерного излучения, причем появление этой упорядоченной фазы зафиксировано только для поглощенной энергии (E_n) равной 10 и 30 Дж. Для других интенсивностей лазерного излучения появление резких максимумов на дифрактограммах не зафиксировано. Для всех исследованных образцов по формуле Цернике-Принса с учетом поправок на поглощение и поляризацию были рассчитаны корреляционные функции $W(r)$. Анализировались положения и площади максимумов $W(r)$, что позволило установить параметры изменений атомных координаций в ПММА под действием лазерного излучения. При поглощении лазерного излучения ПММА с толщиной 1 мм в нем происходят изменения молекулярной структуры,

которые фиксируются рентгendifрактометрически. Основные изменения наблюдаются в пределах первой и второй атомных координационных сфер. Следовательно, лазерное воздействие не только изменяет взаиморасположение молекул, но и затрагивает их внутреннюю структуру. Увеличение интенсивностей гало и уменьшение их полуширины говорит о том, что степень молекулярного упорядочения увеличивается, причем молекулярная структура аморфного вещества перестает быть однородной, то есть в ней начинается процесс образования молекулярных кластеров. Результаты рентгенографических исследований согласуются с кристаллохимическими параметрами ПММА. Установлено, что изменения молекулярной структуры ПММА под действием мощных световых импульсов обусловлено возбужденными акустическими колебаниями и имеют нетепловой характер.

Проведенные исследования показали, что при действии мощного лазерного импульса на поверхность ПММА происходят изменения молекулярной структуры облучаемого материала. При этом зависимость степени изменения микроструктуры от $E_{\text{п}}$ не является монотонной: наиболее резкие изменения зон упорядочения, степени молекулярного упорядочения и средней плотности вещества наблюдаются при вполне определенных значениях поглощенной энергии (в нашем случае это 10 Дж и 30 Дж). Показано, что указанные явления могут быть связаны с возбуждением в облучаемом образце стоячих акустических волн.