

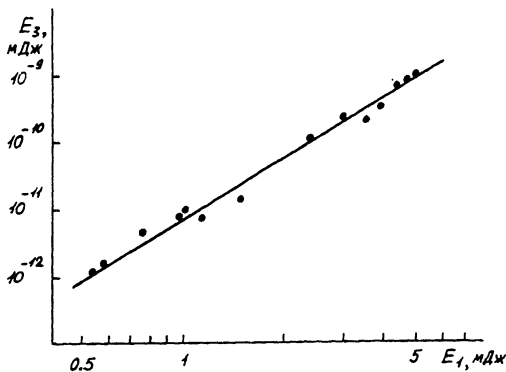
## ГЕНЕРАЦИЯ ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

О.М. Ефимов, А.М. Мекрюков

Известно [1], что допороговое воздействие лазерного излучения на поверхность прозрачных диэлектриков сопровождается интенсивной эмиссией заряженных частиц. При взаимодействии излучения с этими частицами могут возникать различные нелинейные процессы, оказывающие значительное влияние на порог возникновения облака высокотемпературной плазмы. Одним из таких процессов является генерация оптических гармоник. В связи с тем что исследований этих эффектов до настоящего времени не проводилось, целью данной работы являлось выяснение возможности генерации оптических гармоник при допороговом воздействии лазерного излучения на поверхность прозрачных диэлектриков.

В качестве объектов исследования были выбраны промышленные стекла различных марок (К8, ТФ10, КУ и др.). Облучение производилось одночастотным лазером на АИГ:  $Nd^{3+}$ . Длительность импульса излучения составляла 7 нс.

При проведении исследований излучение лазера фокусировалось на переднюю или заднюю поверхность образца в пятна диаметром от 2 до 50 мкм. Следует отметить, что в экспериментах использовались оптические элементы, изготовленные из стекла К8, т.к. применение оптики из кристаллического кварца приводило к генерации гармоник в этих элементах. После образца располагались светофильтры СЗС25, поглощающие излучение с длиной волны 1.064 мкм, и монохроматор МДР2, настроенный на длину волны,



Зависимость энергии излучения третьей гармоники от энергии возбуждающего излучения.

соответствующую одной из гармоник основного излучения. После монохроматора помещался фотоэлектронный умножитель ФЭУ77, сигнал с которого поступал на осциллограф С1-75. Постоянная времени системы регистрации составляла 5 нс, а порог чувствительности на длинах волн 0.532 и 0.355 мкм  $\leq 10^{-15}$  Дж.

Проведенные эксперименты показали, что при облучении всех исследуемых стекол в области взаимодействия возникает излучение с длиной волны  $(0.355 \pm 0.002)$  мкм и длительностью  $\sim 10$  нс. На рисунке показана зависимость энергии этого излучения ( $E_3$ ) от энергии падающего ( $E_1$ ). Как видно из рисунка, экспериментальные данные хорошо описываются зависимостью вида  $E_3 = kE_1^3$ . Все эти факты указывают на то, что в области взаимодействия происходит процесс генерации третьей гармоники (ГТГ).

Было установлено, что преобразование возбуждающего света в третью гармонику наблюдается только при фокусировке излучения в некоторой области вблизи передней или задней поверхности исследуемых образцов. Однако этот результат не позволяет утверждать, что преобразование излучения не связано с объемом образца. Действительно, процесс генерации высших гармоник может иметь место при взаимодействии лазерного излучения достаточно высокой интенсивности с объемом любых прозрачных сред [2]. При этом обнаружить ГТГ можно только в том случае, когда частично предотвращена обратная перекачка энергии в возбуждающую волну. В наших экспериментах была возможна реализация таких условий, поскольку поверхность образца проходила через каустику фокусирующей линзы. В связи с этим были проведены дополнительные исследования, позволившие отделить процессы взаимодействия лазерного излучения с объемом материала и с приповерхностной областью.

Излучение лазера направлялось на образец под углом  $45^\circ$  таким образом, что в систему регистрации попадало излучение, отраженное от одной из поверхностей. При этом оказалось, что третью гармонику можно зарегистрировать только при фокусировке вблизи передней поверхности. Если ГТГ связана с взаимодействием лазерного излучения с объемом материала, то аналогичный результат был бы получен только при фокусировке вблизи задней поверхности. Эти данные позволяют предположить, что ГТГ происходит вследствие эмиссии частиц с поверхности материала и последующего взаимодействия с ними падающего излучения.

Для подтверждения предложенного механизма преобразования был поставлен дополнительный эксперимент. Исследуемый образец помещался в кювету. Излучение лазера фокусировалось вблизи поверхности образца таким образом, что на осциллографе уверенно регистрировался сигнал ГТГ ( $E_3 \sim 10^{-12}$  Дж). После того как кювета заполнялась дистиллированной водой, препятствующей эмиссии частиц, сигнал пропадал.

Дальнейшие исследования показали, что ГТГ наблюдается и при воздействии на поверхность таких материалов, как слюда, ПММА, фторопласт, т.е. для всех исследований сред в процессе преобразования должны участвовать одинаковые частицы. Тот факт, что эффективность ГТГ сохранялась при многократном облучении образца, означает, что в качестве таких частиц выступают электроны. ГТГ, зарегистрированная на той же установке в пламени спиртовки и в области разряда неоновой лампы, подтверждает возможность преобразования в облаке низкотемпературной плазмы. Этот вывод соответствует предложенной в [3] для описания оптической нелинейности модели газа свободных электронов.

Следует отметить, что генерацию второй гармоники в наших условиях эксперимента обнаружить не удалось. Согласно [3], это означает, что образующаяся в приповерхностном слое образца низкотемпературная плазма по объему взаимодействия однородна.

Таким образом, в работе впервые показано, что при допороговом воздействии лазерного излучения на поверхность твердых диэлектриков может возникать процесс ГТГ. Установлено, что преобразование излучения происходит в приповерхностной области и не связано с взаимодействием с объемом материала.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Р э д и Дж. Действие мощного лазерного излучения / Пер. с англ. под ред. С.И. Анисимова. М.: Мир, 1974. 468 с.
- [2] Д е л о н е Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций. М.: Наука, 1989. 280 с.
- [3] Ш е н И.Р. Принципы нелинейной оптики / Пер. с англ. под ред. С.А. Ахманова. М.: Наука, 1989. 560 с.

Поступило в Редакцию  
31 марта 1990 г.