

ОБНАРУЖЕНИЕ КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ ОТРАЖЕНИЯ ПРИ МИКРОСЕКУНДНОМ ПОДДЕРЖАНИИ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ ИЗЛУЧЕНИЕМ Nd-ЛАЗЕРА ДОПРОБНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

А.Н. Малков, А.М. Прохоров, В.Б. Федоров, И.В. Фоменков

УДК 621.373.826.038.823

При взаимодействии с графитовой мишенью микросекундного импульса неодимового лазера ($\lambda = 1,06$ мкм) с плотностью светового потока $I \approx 10^7 \div 10^8$ Вт/см² в излучении, отраженном от возникающей лазерной плазмы, обнаружен импульс длительностью короче 10 нс с амплитудой, заметно превышающей фон отражения падающего излучения.

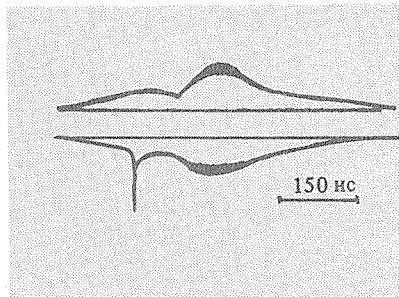
Представленные в работе результаты получены при исследовании процессов поддержания лазерной плазмы при интенсивностях лазерного излучения ниже порога светового пробоя. Соответствующую область интенсивностей оптического излучения можно определить условием малости скорости нагрева электронов в поле излучения $aI/p \sim \ln T^{-3/2} \lambda^2$ (p — плотность плазмы, a — коэффициент поглощения из-за обратного тормозного эффекта, T — температура) в сравнении со скоростью τ_{ei}^{-1} процесса электрон-ионной релаксации $T/\tau_{ei} \sim p T^{-1/2} A^{-1}$ (A — атомный вес вещества), которое имеет вид

$$I \leq I^* \approx \text{const} (T/A\lambda^2).$$

Для применяемых в данной работе графитовой мишени и излучения с длиной волны 1 мкм величина граничной интенсивности составляет $3 \cdot (10^8 \div 10^9)$ Вт/см² при температуре приповерхностной плазмы $10^4 \div 10^5$ К.

В опытах использовался лазер на неодимовом стекле с неустойчивым телескопическим резонатором, работавший в режиме пиковой свободной генерации. Длительность пиков составляла $0,5 \div 3$ мкс. Миллисекундный импульс излучения с энергией до 10 Дж фокусировался линзой $f = 50$ см на графитовую мишень в пятно диаметром 0,1 мм. Средняя интенсивность светового потока на мишени находилась в интервале $10^7 \div 10^8$ Вт/см². На мишени возникал и поддерживался излучением плазменный факел. Падающее и отраженное от плазмы в апертуру лазера излучение регистрировалось коаксиальными фотоэлементами ФК-15 и осциллографом С8-14. Из по-

лученных осциллограмм (рис. 1) видно, что для отдельного микросекундного пика свободной генерации в отраженном излучении возникает короткий всплеск, соответствующий коэффициенту отражения $\sim 10^{-4}$. Амплитуда всплеска превышает средний фон отраженного излучения. Длительность всплеска не превышает 10 нс, что является пределом разрешения аппаратуры.



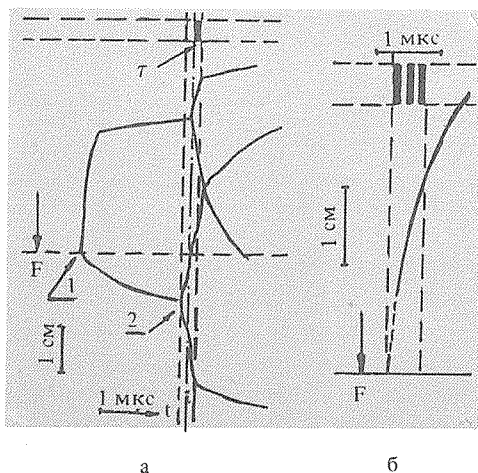
Р и с. 1. Осциллограммы падающего (сверху) и отраженного (внизу) от графитовой мишени в апертуру лазера излучения неодимового лазера. Средняя амплитуда отраженного сигнала составляет 10^{-4} от амплитуды падающего.

Поскольку известно, что заметное отражение излучения в плазме (в том числе за счет вынужденного рассеяния назад, например, ВРМБ) обычно происходит при высокой плотности плазмы, близкой к критической, которая возникает в веществе при интенсивностях лазерного излучения, намного превышающих начальные условия данного опыта, то обнаруженный факт возникновения коротких всплесков нелинейного отражения должен быть связан с резким увеличением интенсивности падающего излучения в плазме вследствие процесса самовоздействия света типа самофокусировки лазерного луча. Длительность отраженных импульсов в этом случае будет определяться временем жизни возникающей в зоне взаимодействия плотной отражающей плазмы с размерами, малыми в сравнении с поперечником области фокусировки падающего излучения.

Полученный здесь результат может быть использован для объяснения малого времени установления генерации серии пикосекундных импульсов в моноимпульсном режиме генерации Nd-лазера с плазменным зеркалом /1/. По щелевой развертке свечения плазменного зеркала при пробое воздуха или на графитовой мишени с одновременной регистрацией второй гармоники импульса генерации видно, что время развития синхронизации мод лазерного резонатора с плазменным зеркалом составляет величину порядка одного или нескольких проходов света по резонатору (рис. 2). Это означает, что процесс генерации серии пикосекундных импульсов начинается не с уровня флуктуационного выброса многомодовой генерации Nd-лазера, а с короткого "затравочного" импульса значительной амплитуды. Поскольку пороги "включения" плазменного зеркала Nd-лазера на графитовой мишени и полу-

ченных здесь коротких всплесков отражения излучения совпадают, то можно, видимо, считать, что такие всплески отражения служат "затравкой" для развития генерации ультракоротких импульсов в Nd-лазере с плазменным зеркалом.

Р и с. 2. Щелевая развертка свечения приосевой части плазмы на воздушной (а) и графитовой (б) мишени в неодимовом лазере с плазменным зеркалом: сплошные линии – границы свечения плазмы, вертикальная – направление излучения лазера, F – фокус линзы в случае (а) и совпадающее с фокусом положение мишени в случае (б); сверху – щелевая развертка второй гармоники воздействующего излучения (темные полосы соответствуют наиболее интенсивным частям импульса генерации); τ – время развития генерации цуга ультракоротких импульсов, соответствующее одному – двум прохождениям света по резонатору (время прохода = $= 2L/c \approx 150$ нс). Точки 1,2 – пространственно-временные координаты соответственно оптического пробоя воздуха и инициирования "плазменного зеркала" на границе горячего и холодного газа.



Обнаруженный экспериментальный факт носит, по нашему мнению, характер нового эффекта в физике лазерной плазмы и может иметь весьма общее значение для понимания процессов самоотражения интенсивного оптического излучения в плазме.

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 18 июня 1985 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малков А.Н. и др. Письма в ЖЭТФ, 33, в. 12, 630 (1981).