

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУИ ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЫ
В КАЧЕСТВЕ МИШЕНИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ЛАЗЕРНОМУ НАГРЕВУ

В. А. Алексеев, С. Д. Захаров, П. Г. Криков, Ю. В. Сенатский

Для нагрева плазмы мощным лазерным излучением обычно используются либо твердые мишени (фокусировка излучения осуществляется на поверхность мишени в вакууме), либо газы (фокусировка внутрь газового объема). В последнем случае, ввиду порогового характера пробоя к образующейся плазме, как правило, не удается подвести световые потоки такой плотности, которую можно получить при фокусировке на твердые мишени. Поэтому в большинстве экспериментов по лазерному нагреву плазмы используются твердые мишени.

При нагреве вблизи поверхности мишени образуется неоднородный слой плазмы, в котором плотность, температура и давление распределены некоторым образом по пространству и времени. Форма такого распределения определяется начальными условиями на мишени, параметрами лазерного импульса и условиями фокусировки. Вид распределения, в особенности профиль электронной плотности $n(x)$ определяющим образом влияют на поглощение плазмой лазерной энергии и температуру ионов. Нахождение оптимального $n(x)$ существенно для уменьшения потерь на отражение лазерного света при высокотемпературном лазерном нагреве /1,2/.

Несмотря на важность знания $n(x)$, его экспериментальное определение, в особенности вблизи области наибольшего поглощения, до сих пор не достигнуто. Это связано как с чрезвычайно большими плотностями плазмы, при которых видимый свет испытывает сильную рефракцию (вплоть до отражения), так и с малым временем жизни плотной лазерной плазмы ($10^{-9} + 10^{-10}$ сек).

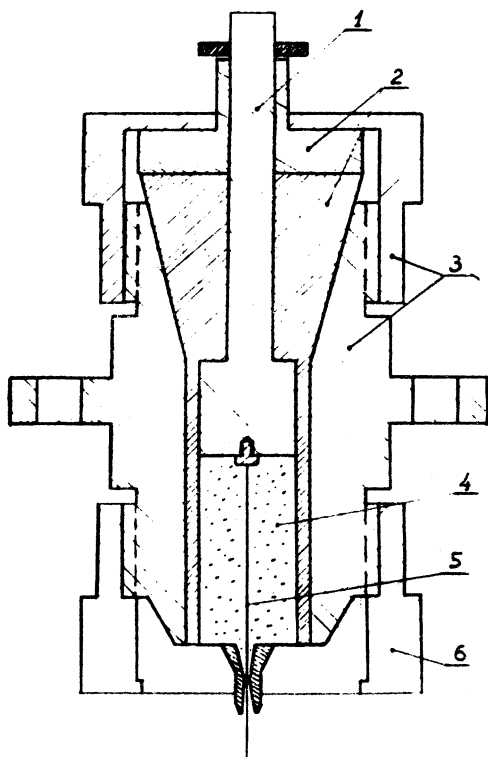
Можно пойти по другому пути и попытаться сформировать мишень в виде плотной слабонагретой струи с распределением плот-

ности, которым можно управлять. Источники струи будут происходить гораздо медленнее разлета плазмы, поэтому измерение плотности с разрешением во времени представляется более простой, чем в последнем случае, задачей. Используя для нагрева плазмы лазерные импульсы малой длительности 10^{-11} сек, можно добиться условий, при которых за время нагрева заранее определенная функция $n(x)$ не будет меняться, и исследовать влияние на нагрев различных профилей плотности.

С этой целью в настоящей работе предлагается использовать свойство вещества непрерывно изменять свою плотность при температурах и давлениях выше критических (т.н. "закритическое состояние" вещества). Закритическое состояние металлов в последнее время интенсивно исследуется (см., например, обзоры /3,4/). Разработан метод получения закритического состояния вещества с помощью генератора низкотемпературной плазменной струи в вакууме /5/. Этот генератор и предлагается использовать для формирования мишени при лазерном нагреве плазмы.

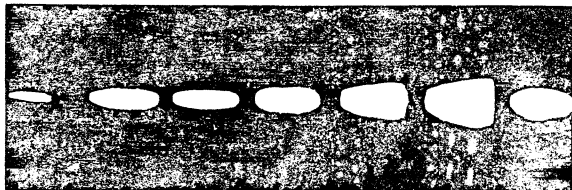
В низкотемпературной плазменной струе может быть перекрыт широкий диапазон плотностей — от плотности жидкости до плотности разреженного газа. Существует также большой выбор формы профиля в поперечном сечении: от близкой к однородной вблизи сопла генератора до резко неоднородной вдали от генератора. Плазменная струя, соединяя в себе достоинства твердых мишеней (высокая плотность) и газов (возможность регулирования плотности), открывает новые возможности для изучения в горячей плазме процессов поглощения и отражения мощного лазерного света и переноса тепла. Эксперименты с плотной струей позволяют, на наш взгляд, определить оптимальные (с точки зрения создания термоядерных условий в плазме) начальные параметры мишени для лазерного нагрева. Представляет, кроме того, большой самостоятельный интерес лазерная диагностика вещества в закритическом состоянии.

Схема устройства генератора плазменной струи приведена на рис. 1. Генератор состоит из металлического корпуса, способного выдержать давления до 10^3 атм, и двух электродов, уплотняемых тефлоном. Внутри корпуса помещается исследуемое вещество (диэлектрик), в котором через тонкую проволочку ини-



Р и с. I. Устройство генератора низкотемпературной плазменной струи: 1 - верхний электрод; 2 - изолятор; 3 - корпус генератора струи; 4 - диэлектрик; 5 - медная проволока; 6 - нижний электрод.

цируется разряд батареи конденсаторов с запасенной энергией 50 кдж в течение времени около 1 мсек. Эта энергия оказывается достаточной для того, чтобы исследуемое вещество вытекало из сопла Ловала в виде плотной струи в течение времени вплоть до 1 мсек. Критическое сечение сопла составляет $0,03 \text{ см}^2$ и при необходи-



Р и с. 2. Кинограмма истечения плазменной струи.

мости может быть уменьшено, угол дозвуковой части 20° , сверхзвуковой - 11° . Средняя температура струи, измеренная методом сравнения спектра с излучением черного тела, около 7000° , скорость вытекания 10^6 см/сек . На рис. 2 приведено несколько кадров, полученных в результате скоростной киносъемки струи. При просвечивании струи в поперечном направлении лучом He-Ne-лазера на расстоянии 3 мм от сопла было установлено, что струя в течение около 0,5 мсек непрозрачна для красного света. Этот факт экспериментально подтверждает высокую плотность вещества, истекающего из генератора.

Отметим в заключение, что описанный выше генератор может быть относительно просто модифицирован для формирования квазинепрерывной струи с кольцевым сечением для исследований по кумуляции лазерной плазмы /6/.

Поступила в редакцию
18 мая 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Г. Басов, С. Д. Захаров, О. Н. Крохин, П. Г. Кржков, Ю. В. Сенатский, Е. Л. Тюрин, А. И. Федосимов, С. В. Чекалин, М. Я. Шелев. Препринт ФИАН № 10, 1970 г.; сб. "Квантовая электроника" под ред. Н. Г. Басова, I, 4 (1971).

2. F. Floux. *Nuclear Fusion*, 11, 635 (1971).
3. В. А. Алексеев. ТВТ, 8, 64I (1970).
4. В. А. Алексеев, А. А. Андреев, В. Я. Прохоренко. УФН, 3 (1972).
5. V. A. Aleksejev. IX Intern. Conf. on Phenomena in Ionized gases, Bucaresti, 1969, p.415.
6. Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, Г. В. Склизков. Письма в ЖЭТФ, 6, 683 (1967).