# Вестник

## МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 - 1970

УДК 621.378.325

#### М. А. КАСЫМДЖАНОВ

### НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СТИМУЛИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО N<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА С ПОПЕРЕЧНЫМ РАЗРЯДОМ

Экспериментально исследованы поперечная структура, временная зависимость и пространственная когерентность излучения импульсного ультрафиолетового лазера на молекулярном азоте  $N_2$  с длиной волны  $\lambda = 3371$  Å. Исследования показали, что поперечная структура пучка зависит от юстировки зеркал и что излучение когерентно по всей апертуре. Предлагается использовать усилитель для повышения эффективности таких лазеров.

В последнее время проявляется большой интерес к исследованию импульсных газовых лазеров. Импульсная генерация получена в широком диапазоне спектра, в том числе в ультрафиолетовой и видимой областях. Мощность генерируемых импульсов простирается от нескольких ватт до нескольких мегаватт. Возможность получения высоких плотностей излучения с большой частотой повторения делает эти лазеры перспективными для использования их во многих отраслях науки.

Среди импульсных газовых лазеров особое место занимают азотный и неоновый лазеры, которые работают в сверхизлучательном режиме. В работе [1] сообщается, что с помощью N<sub>2</sub>-лазера, возбуждаемого бегущей волной, удалось получить импульсную генерацию мощностью 2,5 *Мвт* на длине волны  $\lambda$ =3371 Å. При использовании вместо N<sub>2</sub> в качестве рабочего газа Ne эта установка дала в импульсе 190 *квт* на длине волны  $\lambda$ =5401 Å. Работы [2, 3] посвящены исследованиям спектрального состава излучения N<sub>2</sub>-лазера и когерентных свойств неонового лазера.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию поперечной структуры и пространственной когерентности ультрафиолетового излучения N<sub>2</sub>-лазера, работающего поперечным разрядом, и некоторым вопросам повышения эффективности таких лазеров. Полная выходная импульсная мощность ультрафиолетового излучения 30 квт при напряжении на разрядном конденсаторе  $\approx 22 \ \kappa B \ (c=0.04 \ m \kappa \phi)$ . Поперечные размеры лазерного канала 25 мм×3 мм, длина 90 см.

N<sub>2</sub>-лазер имеет большой коэффициент усиления, что позволяет получать достаточную мощность излучения без резонатора Фабри—Перо, который является неотъемлемой частью других лазеров, где обратная связь является резонансной. Наличие резонатора, как известно, приводит к появлению модовой структуры излучения, и условие возникновения генерации для этих лазеров отличается от условия для сверхизлучения. Поэтому пространственная структура излучения сверхизлучательного лазера, по-видимому, будет иметь другой вид.

Используемый лазер работал либо с одним зеркалом ( $R \approx 100\%$ ), либо с резонатором, образованным зеркалом ( $R \approx 100\%$ ) и плоской кварцевой пластиной, коэффициент отражения которой обусловлен френелевым отражением и имеет порядок  $R \sim 10\%$ . При работе лазера



Рис. 1. Осциллограмма импульса N<sub>2</sub>-лазера мощностью 30 квт. Пунктиром показаны задний и передний фронты мощного и слабого импульса. Максимум слабого сигнала отстает от максимума сильного сигнала на 8 нсек, которое равно времени двукратного прохождения через систему с одним зеркалом ( $R \approx 100\%$ ) выходная мощность невелика, около 1 квт. Излучение имеет место почти по всей апертуре, а интенсивность распределена практически равномерно по поперечному сечениюпучка. Расходимость излучения полностью определяется геометрией лазерного канала.

Если ввести второе зеркало  $(R \sim 10\%)$ , распределение интенсивности по апертуре может меняться в зависимости от юстировки зеркал. При хорошей юстировке расходимость уменьшается по сравнению с работой с одним глухим зеркалом, но в распределении интенсивности по поперечному сечению пучка уже заметны не очень резко выступающие области генерации. При ухудшении юстировки пучок расширяется, и появляются отчетливые вертикальные нитевидные области генерации. В обоих случаях вил распределения интенсивности по поперечному сечению пучка имеет хорошую повторяемость от импульса к импульсу.

Когда лазер работает с одним зеркалом ( $R \sim 100\%$ ), излучение, возникающее около выходного конца лазерного канала, дважды проходит через инверсную среду, распространяясь в сторону зеркала и отразившись от него, после

чего оно покидает систему. 10% этого излучения можно отразить снова в лазерный канал, если ввести второе зеркало с  $R \sim 10\%$ . При этом выходная мощность лазера увеличивается более, чем на порядок.

Осциллограмма и временные характеристики 30-кватного выходного импульса приведены на рис. 1. Как видно из рисунка, за первым, более мощным импульсом, через 8 нсек следует слабый импульс, имеющий такую же длительность, что и первый. Время отставания второго импульса от первого как раз равно времени для двукратного прохождения через систему. После прохождения через разрядный промежуток первого импульса выходное зеркало отражает обратно в лазерный канал ~10% этого импульса. Как видно из рисунка, амплитуда второго импульса составляет ~20% от амплитуды первого импульса, т. е. второй импульс приходит усиленным ~2 раза. Значит данный способ получения генерации не является оптимальным. Вынужденное излучение делает несколько проходов между зеркалами, прежде чем покинуть систему. Так как длительность импульса ~20 нсек по основанию, то за разрушаться за счет это время часть инверсии населенности может

сильного спонтанного излучения. Итак, азотный лазер при определенных условиях может дать огромные мощности, но это связано с большими техническими трудностями. Поэтому более заманчиво получать бо́льшие мощности простыми методами. Вполне вероятно, что одним из таких методов может служить конструкция лазера с усилителем, которая применяется для повышения мощности твердотелых лазеров. На рис. 2, а изображена схема такого лазера. В лазерах с поперечным разрядом легко сделать так называемый «составной лазер»; в этом случае часть длинного разрядного канала является задающим генератором, остальная часть усилителем. В обоих случаях, указанных на ри-

Генеротор(N <sub>2</sub> )	Усилитель	
R = 100% $R = 10%$		E
0 1	Эсилитель	Ē
R=100% R=10%		

Рис. 2. Схемы №-лазера с усилителем. *a* — генератор и усилитель разделены; *б* — генератор и усилитель построены с общим разрядным каналом



Рис. 3. Схема опыта дифракции Фраунгофера на двух отверстиях. *D* — диафрагма из двух отверстий,  $\Lambda$  — линза, *F* фокальная плоскость линзы. Диаметр отверстий 150 *мк*, расстояние между отверстиями 6 *мм* 



Рис. 4. Интерференционная картина на плоскости, указанной на рис. 3

сунке, на вход усилителя будет поступать сильный сигнал, который более эффективно усиливается, чем слабый. Дальнейшие эксперименты покажут, будет ли происходить укорочение длительности импульса, поступающего на вход усилителя. Если это окажется возможным, то в такой системе можно будет наблюдать нелинейное усиление света.

Наконец, исследовалась пространственная когерентность излучения  $N_2$ -лазера. Для этого была снята картина дифракции Фраунгофера на двух отверстиях. Схема опыта приведена на рис. 3. Диаметр отверстий 150 *мк*, расстояние между ними 6 *мм*. Как известно, полосы, возникающие в плоскости *F* в результате интерференции пучков, идущих от двух отверстий, имеют вид гипербол, которые при достаточном удалении *F* от отверстий практически не отличаются от прямых. Экспериментально измеренное расстояние между максимумами хорошо согласуется с теоретической формулой для этого расстояния  $h = (\lambda/d) f$ , где  $\lambda$  — длина интерферирующих волн, *d* — расстояние между отверстиями и *f* — фокусное расстояние линзы. Фотография интерференционной картины, полученная с одиночным импульсом, приведена на рис. 4.

Интерференционные картины снимались при разных расстояниях между отверстиями, выбирались и разные их положения относительно апертуры. Полученные результаты говорят о том, что вся апертура N<sub>2</sub>-лазера излучает когерентно.

В заключение автор выражает благодарность Р. В. Хохлову за постоянное внимание к работе, Д. П. Криндачу за ценные обсуждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Shirman J. D. Appl. Phys. Lett., 10, 3, 1967. 2. Parks J. H., Ramachondra Rao D., Javan A. Appl. Phys. Lett., 13, 142, 1968. 3. Leonard D. A., Zinky W. R. Appl. Phys. Lett., 12, 113, 1968.

Поступила в редакцию 21.5 1969 г.

Кафедра волновых процессов