

07; 12

© 1990

КВАЗИНЕПРЕРЫВНЫЙ ГАЗОВЫЙ ЛАЗЕР,
ВОЗБУЖДАЕМЫЙ БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИА.М. Воинов, А.С. Кошелев,
С.П. Мельников, А.А. Синянский

Поиск лазерных сред с прямым преобразованием энергии ядерных реакций в когерентное световое излучение начался в 60-х годах вскоре после появления первых лазеров [1]. В настоящее время получена генерация и исследованы параметры квазинепрерывных лазеров с ядерной накачкой, излучающих в ИК и видимой областях спектра на переходах атомов Xe , Kr , Ar , Ne , C , Cl , N , ионов Hg^+ , Cd^+ и молекулы CO (см., например, обзорную работу [2]). Возбуждение активных сред таких лазеров осуществляется продуктами ядерных реакций, протекающих при взаимодействии ядер изотопов ^{235}U , ^{10}B или 3He с тепловыми нейтронами. Максимальные рабочие давления газовых смесей не превышают 6 атм [3], что объясняется нарушением однородности накачки лазерных сред с ростом давления из-за сокращения длин пробега продуктов ядерных реакций или ослабления потоков тепловых нейтронов.

Одним из способов однородной накачки газовых сред при давлениях десятки и сотни атмосфер является использование эффекта упругого рассеяния быстрых нейтронов на атомах среды. Возможность накачки лазеров быстрыми нейтронами отмечалась в литературе [4], однако до последнего времени не получила экспериментального подтверждения.

В данной работе впервые сообщается о получении генерации при накачке лазера быстрыми нейтронами и приводятся результаты исследований $He-Xe$ -лазера ($\lambda = 2.65$ мкм) в зависимости от давления и состава смеси. Выбор смеси $He-Xe$ обусловлен тем, что она достаточно хорошо исследована в условиях ядерной накачки [3, 5] и основной компонентой смеси является газ с малым атомным весом.

В экспериментах использовалась цилиндрическая лазерная кювета с внутренним диаметром 35 мм, изготовленная из нержавеющей стали. Кювета облучалась импульсным потоком быстрых нейтронов со спектром, близким к спектру деления, и длительностью импульса на половине высоты около 80 мкс. Флюенс быстрых нейтронов с энергией выше 0.5 МэВ равнялся $5.6 \cdot 10^{14}$ см⁻². Активная длина кюветы составляла около 40 см. Резонатор лазера образован двумя диэлектрическими зеркалами с коэффициентами пропускания на $\lambda = 2.65$ мкм около 0.5 %: сферическое ($R = 10$ м) зеркало на стеклянной подложке и плоское зеркало на подложке из CaF_2 .

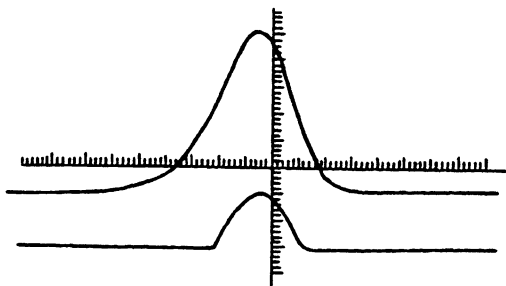


Рис. 1. Оциллограмма импульса быстрых нейтронов (верхний луч) и лазерного импульса (нижний луч). Смесь He-Xe (5000 : 1), $p = 5$ атм. Развертка - 50 мкс/дел.

Регистрация лазерного излучения осуществлялась фотоспротивлениями на основе *PbSe* и измерителем энергии ИМО-2Н. Характерная оциллограмма одного из опытов приведена на рис. 1.

На рис. 2 представлены зависимости пиковой мощности генерации и пороговой плотности потока быстрых нейтронов Φ_{Π} , при которой возникает генерация, от парциального давления ксенона. Максимальная мощность генерации около 300 Вт и минимальное значение $\Phi_{\Pi} \approx 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ получены при $p_{Xe} \approx 4$ мм рт. ст. Зависимость генерационных параметров от давления буферного газа, гелия, при $p_{He} = 3.8$ мм рт. ст. показана в таблице.

КПД лазера, определенный как отношение мощности генерации к мощности накачки, составлял около 0.2 %. Оптимизация параметров резонатора не проводилась. Удельную мощность накачки q на оси лазерной кюветы можно оценить из выражения: $q = n \cdot \sigma \cdot \Phi \cdot E_{\alpha}$, где n - концентрация атомов гелия; $\sigma = 6.5 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2$ [6] - сечение упругого рассеяния нейтронов со средней энергией $E_H = 1.3$ МэВ на ядрах гелия; Φ - плотность потока быстрых нейтронов; E_{α} - средняя энергия ядра отдачи. При изотропном рассеянии $E_{\alpha} = \frac{2A}{(A+1)^2} E_H$, где A - атомный номер ядра. Удельная

мощность накачки пропорциональна давлению гелия и для приведенных выше параметров составляет около $80 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-3} \cdot \text{атм}^{-1}$.

p_{He} , атм	3	5	10
W , Вт	70	290	220
$\Phi_{\Pi} \cdot 10^{-18}$, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	1.8	2.0	6.1

Анализ кинетики плазменных процессов в смеси He-Xe показывает [7], что верхний лазерный уровень $5d [3/2]_1^{\circ}$ атома ксенона заселяется селективно в результате диссоциативной рекомбинации

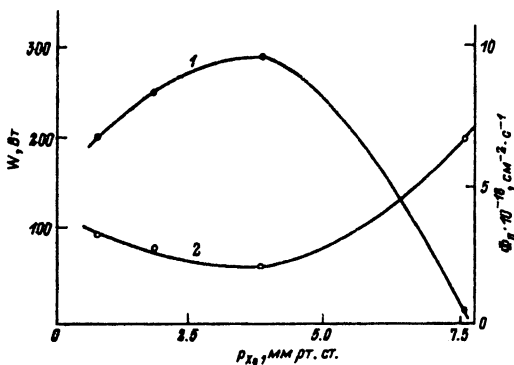


Рис. 2. Зависимости мощности генерации $W(1)$ и пороговой плотности потока быстрых нейтронов $\Phi_{\Pi}(2)$ от парциального давления ксенона при $p_{\text{He}} = 5$ атм.

молекулярных ионов Xe_2^+ с электронами. Повышение мощности генерации с ростом давления ксенона (рис. 2) объясняется усилением канала образования ионов Xe_2^+ за счет процесса $\text{X}^+ + \text{Xe} + \text{He} \rightarrow \text{Xe}_2^+ + \text{He}$. Уменьшение мощности генерации и рост Φ_{Π} при давлениях ксенона выше оптимальных связаны со столкновительным тушением уровня $5d [3/2]^o$ атомами ксенона в основном состоянии.

В существующих предложениях по применению лазеров с ядерной накачкой рассматривается возможность создания установок типа реактор-лазер [2, 8], в активной зоне которых кинетическая энергия осколков деления преобразуется в когерентное световое излучение. Исследования в области нейтронной накачки лазеров могут представлять интерес для будущих энергетических установок на основе управляемого термоядерного синтеза, в которых основная доля энергии выделяется в виде кинетической энергии быстрых нейтронов.

В заключение авторы выражают благодарность И.Н. Мочкаеву за помощь в проведении опытов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Том К., Шнайдер Р.Т. // Ракетная техника и космонавтика. 1972. Т. 10. № 4. С. 42-50.

- [2] Schneider R.T., Hohlf F. // in Nucl. Sci. and Technol. New York: Plenum Press. 1984. V. 16. P. 123-287.
- [3] Воинов А.М., Довбыш Л.Е., Кривонос В.Н., Мельников С.П., Подмошенский И.В., Синянский А.А. // Доклады АН СССР. 1979. Т. 245. № 1. С. 80-83.
- [4] Пупко В.Я. Препринт ФЭИ, № 1245. Обнинск, 1981.
- [5] Воинов А.М., Довбыш Л.Е., Казакевич А.Т., Кривонос В.Н., Мельников С.П., Подмошенский И.В., Синянский А.А. // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. В. 7. С. 422-424.
- [6] Washkin S., Mooring F.P., Petree B. // Phys. Rev. 1951. V. 82. N 3. P. 378-380.
- [7] Воинов А.М., Мельников С.П., Синянский А.А. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 19. С. 56-59.
- [8] Гудзенко Л.И., Яковленко С.И. Плазменные лазеры. М.: Атомиздат, 1978.

Поступило в Редакцию
6 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 13

12 июля 1990 г.

06.2

© 1990

МЕХАНИЗМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО РАССЛОЕНИЯ ТОКА В ТИРИСТОРЕ

А.В. Горбатьюк, П.Б. Родин

В недавнем эксперименте по перегрузке тиристором импульсом тока впервые были обнаружены необычного вида разрушения полупроводниковой структуры, характеризующиеся правильным периодическим размещением отдельных очагов [1]. Очевидно, образованию критического термомеханического поля предшествует периодическое расслоение греющего тока, однако такое утверждение нельзя обосновать с позиции установившихся представлений о поперечной неустойчивости тока в тиристоре как в устройстве с S -образной ВАХ [2, 3]. Более того, оно находится в противоречии с теорией [2, 3], доказывающей нестабильность любого многошнурового состояния.