

Б.М. Ковальчук, В.Ф. Тарасенко, А.В. Феденев

ЛАЗЕР НА АТОМАРНЫХ ПЕРЕХОДАХ КСЕНОНА С ЭНЕРГИЕЙ ИЗЛУЧЕНИЯ 100 Дж ПРИ НАКАЧКЕ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ

Приводятся результаты экспериментов по исследованию параметров лазерной генерации на атомарных переходах ксенона при возбуждении Ag–Xe- и He–Ag–Xe-смесей пучком электронов в лазерной камере с активным объемом ~ 600 л. Получена выходная энергия генерации порядка 100 Дж с кпд ~ 2% от вложенной в газ энергии.

1. Введение

Лазер на переходах атома ксенона является на настоящее время одним из самых перспективных лазеров для исследований в ближней ИК-области спектра. Уже в первых экспериментах при накачке пучками электронов газовых смесей ксенона с буферным газом аргоном при давлениях 1–3 атм были достигнуты рекордные параметры лазерной генерации: удельный энергоъем до 3 Дж/л и кпд – 2–3% (см. подробнее обзор [1]). Развитие техники ускорителей электронов позволило в [2] масштабировать активный объем Хе-лазера до 270 л, однако эффективность и удельные выходные параметры генерации, полученные при этом, были невысоки: 9,5 Дж и 0,4% соответственно. В 1990 г. появилось сообщение о получении энергии лазерного излучения 650 Дж при накачке Ag–Xe-смеси объемом 0,5×0,65×3 м [3]. Значения кпд генерации на $\lambda = 1,73$ мкм лежали в диапазоне 0,57–0,85%.

В настоящей статье сообщается о результатах экспериментов по исследованию параметров лазерной генерации на атомарных переходах ксенона при возбуждении Ag–Xe- и He–Ag–Xe-смесей пучком электронов в лазерной камере с активным объемом ~ 600 л. Использовалась установка, в которой пучки электронов инжектировались в лазерную камеру аксиально-симметрично от шести двойных ускорительных диодов. Получена выходная энергия генерации порядка 100 Дж с кпд ~2%.

2. Экспериментальная установка

Для накачки лазера использовалась установка, подробно описанная в [4]. Ускорительный комплекс содержит 12 ускорительных модулей, питающихся от 12 генераторов импульсного напряжения (ГИН) и размещенных в общем вакуумируемом корпусе по конструктивной схеме: 2-этажная 6-лучевая звезда (рис. 1). Выходное напряжение ГИН – 0,6 МВ при токе 60–80 кА на единицу. Фронт выходного импульса 0,1–0,2 мкс, длительность импульса на половине амплитуды 0,5–0,7 мкс.

Цилиндрическая лазерная камера длиной 3 м и диаметром 0,6 м (активный объем ~560 л) была снабжена плоскопараллельным резонатором, состоящим из зеркала с алюминиевым покрытием и кварцевой пластины.

Энергия, вкладываемая в газ пучком электронов, регистрировалась методом «скачка давления». Распределение выходной энергии лазерного излучения по апертуре и ее полное значение измерялись с помощью автоматизированной системы измерений на основе калориметрических преобразователей ТПИ-2М.1 [5]. Рабочая поверхность одного калориметра составляла 36 см². В экспериментах использовалась измерительная панель, собранная из 31 калориметра, которые механически соединялись в единый блок. Электрический сигнал с каждого калориметра через мультиплексор (стандартный блок КАМАК) поступал на вход цифрового вольтметра, а затем в оцифрованном виде на ЭВМ – ДВК-3, где происходила его дальнейшая обработка и запоминание. Временные параметры лазерного излучения регистрировались с помощью германиевого фотосопротивления ФСГ-22 и осциллографа С8-14.

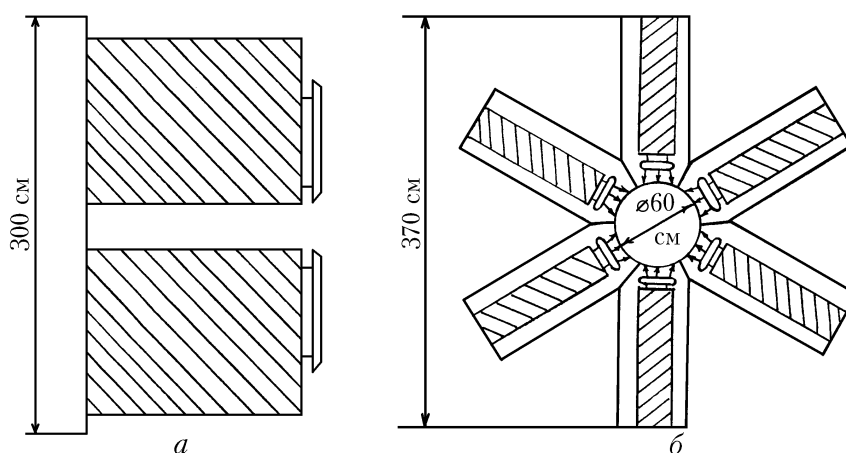


Рис. 1. Схема конструкции модульного ускорителя для возбуждения лазера объемом 600 л: *а* – схема расположения модулей, *б* – сечение в плане

3. Экспериментальные результаты и обсуждение

Используемый ускорительный комплекс позволял изменять энергию накачки путем изменения количества включаемых ГИН, что позволило выбрать более оптимальный по эффективности режим возбуждения лазера. Из представленных на рис. 2 зависимостей удельной выходной энергии генерации для смеси $\text{Ar:Xe} = 100:1$ от давления видно, что при задействовании всех 12 ускорителей кпд лазера существенно меньше, чем при включении только двух источников пучков электронов. Максимальная плотность выходной энергии генерации на $\lambda = 1,73 \text{ мкм}$ в смеси $\text{Ar:Xe} = 100:1$ была получена при давлении 1,5 атм и составила 50 мДж/см^2 , что соответствует полной энергии 100 Дж и кпд 2%. Увеличение в этом случае вкладываемой в газ энергии путем увеличения числа включаемых ускорительных модулей приводило к почти экспоненциальному спаду выходной энергии лазера.

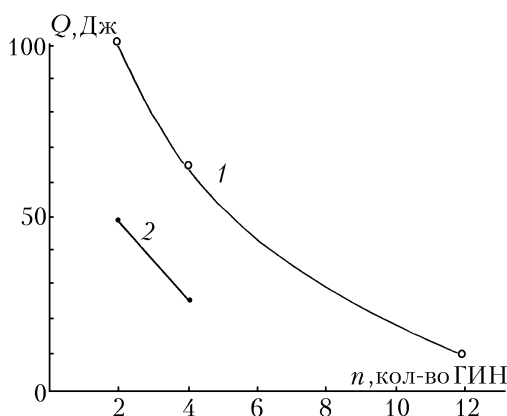


Рис. 2. Энергия генерации Q для смесей $\text{He:Ar:Xe} = 0,4 \text{ атм}; 1,1 \text{ атм}; 0,01 \text{ атм}$ (1) и $\text{Ar:Xe} = 100:1$, $p = 1,5 \text{ атм}$ (2) в зависимости от числа используемых ускорительных модулей

Использование всех 12 ГИН уменьшило плотность выходной энергии генерации до 5 мДж/см^2 , что можно объяснить возросшей скоростью электронно-столкновительного перемешивания рабочих уровней атома ксенона при увеличении концентрации электронов в плазме [1, 6]. При больших мощностях накачки ($>1 \text{ кВт/см}^3$) добавление более легкого буферного газа (гелия) может приводить к увеличению выходной энергии Хе-лазера и (или) к увеличению эффективности генерации, а также к изменению длины волны излучения с $\lambda = 1,73 \text{ мкм}$ на $\lambda = 2,03 \text{ мкм}$ [7–9]. В нашем случае при разбавлении смеси на одну треть гелием (см. рис. 2, кривая 2) в условиях генерации на $\lambda = 2,03 \text{ мкм}$ уменьшение энерговклада привело к

некоторому спаду выходной энергии генерации, по-видимому, из-за недостаточной скорости перемешивания смеси в большом объеме (см. [3]).

Таким образом, в данной статье путем оптимизации мощности накачки удалось получить эффективность генерации лазера на $\lambda = 1,73$ мкм 2% при активном объеме смеси 600 л и выходной энергии генерации 100 Дж.

1. Серeda O.B., Тарасенко В.Ф., Яковленко С.И. // Квантовая электроника. 1993. Т. 20. № 6. С. 535–566.
2. Букин Ф.В., Дацкевич И.П., Держиев В.И., Карлов Н.В., Кузьмин Г.П., Месяц Г.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Яковленко С.И. // Квантовая электроника. 1986. Т. 13. № 4. С. 876–881.
3. Litzemberger L.V., Trainor D.W., McGeoch M.W. // IEEE J. of Quantum Electron. 1990. V. 26. P. 1668–1677.
4. Абдуллин Э.Н., Бугаев С.П., Ефремов А.М., Зорин В.Б., Ковальчук Б.М., Кремнев В.В., Логинов С.В., Месяц Г.А., Толкачев В.С., Щанин П.М. // ПТЭ. 1993. № 5. С. 138–142.
5. Абдуллин Э.Н., Горбачев С.И., Ефремов А.М., Ковальчук Б.М., Логинов С.В., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Феденев А.В., Фомин Е.А., Щанин П.М. // Квантовая электроника. 1993. Т. 20. № 7. С. 652–656.
6. Баранов В.Ю., Исаков И.М., Леонов А.Г., Малюта Д.Д., Новобранцев И.В., Смаковский Ю.Б., Стрельцов А.П. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. С. 1124–1128.
7. Держиев В.И., Жидков Г.А., Серeda O.B., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Феденев А.В., Яковленко С.И. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. № 8. С. 985–988.
8. Suda A., Wexler V.L., Ryley K.J., Feldman B.J. // IEEE J. of Quantum Electron. 1990. V. 26. P. 1304–1312.
9. Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Феденев А.В. // Оптика и спектроскопия. 1991. Т. 71. С. 669–674.

Институт сильноточной электроники СО РАН,
г. Томск

Поступила в редакцию
20 октября 1995 г.

B.M. Koval'chuk, V.F. Tarasenko, A.V. Fedenev. E-beam Pumped Laser on Atomic Transitions of Xenon With Radiation Energy of 100 J.

The experimental results of investigations of laser oscillation parameters in e-beam excited Ar–Xe- and He–Ar–Xe gas mixtures in laser cell of 600 l active volume are presented. Output laser oscillation energy of about 100 J with efficiency of ~2% of deposited energy is obtained.