

07:09;10:12

Ультрафиолетовый HeCd лазер с накачкой высокочастотным электронным пучком

© Ю.Н. Новоселов, В.В. Уварин

Институт электрофизики РАН, Екатеринбург

Поступило в Редакцию 20 ноября 1996 г.

В работе впервые получен электронный пучок большого сечения с частотой следования импульсов в пакете $3 \cdot 10^5$ импульсов в секунду. С использованием этого пучка также впервые в HeCd лазере высокого давления получена высокочастотная генерация на ионе кадмия с длиной волны 325 нм.

Гелий-кадмиевая смесь высокого давления обладает низким порогом генерации [1], в том числе и для ультрафиолетовой линии с длиной волны 325 нм [2]. Импульсная генерация на длине волны 325 нм на $5s^2 2D_{3/2} - 5p^2 P_{1/2}$ переходе иона кадмия была получена при накачке электронным пучком как наносекундной [3], так и микросекундной длительности [2,4]. Причем при возбуждении квазистационарным пучком длительностью в десятки микросекунд генерация была получена только в смеси с электроотрицательной примесью CCl_4 [4]. В [5] были выполнены модельные расчеты, которые показали, что предельной частотой следования импульсов в HeCd лазере при возбуждении смеси наносекундным пучком электронов может быть частота до 10^6 импульсов в секунду. Целью настоящей работы было получение высокочастотной генерации на длине волны 325 нм.

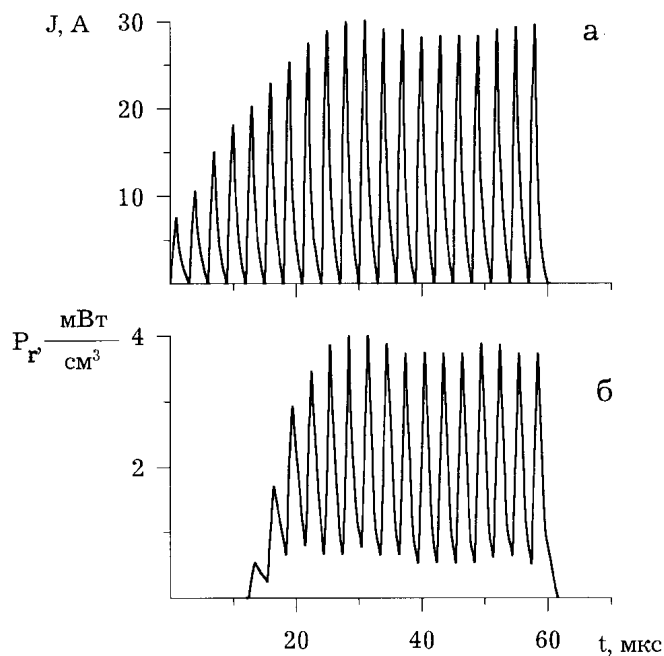
Для проведения экспериментов использовалась установка, аналогичная [2,4]. Накачка смеси осуществлялась электронным пучком сечением 2×70 см с энергией электронов 180 кэВ. Лазерная кювета диаметром 3 см с расположенными на ее стенке кусочками кадмия заполнялась гелием до давления 1–2 атм и могла нагреваться до 450 °С. В установке применена непрерывная очистка гелия, что достигалось прокачкой газа со скоростью ~ 0.1 см/с через охлаждаемый жидким азотом цеолитовый фильтр и лазерную кювету. Резонатор лазера был образован сферическим зеркалом с радиусом 5 м и плоским выходным зеркалом с коэффициентами отражения 99.5% для обоих зеркал. Мощ-

ность и временные характеристики лазерного излучения измерялись калиброванным фотоэлементом ФЭУ-22СПУ, сигнал с которого регистрировался осциллографом С9-27.

В качестве источника электронов использовался ускоритель с плазменным катодом и сеточным управлением эмиссионным током, описанный в [6], позволяющий генерировать пакет импульсов электронного пучка длительностью 200 нс на полувывоте с частотой следования 100 кГц и длительностью пакета таких импульсов 200 мкс. Этот ускоритель был модернизирован с целью увеличения частоты следования импульсов в пакете до 300 кГц. Для этого в генераторе импульсов сеточного управления в качестве коммутирующего элемента вместо использовавшегося ранее таситрона применена сборка из 10 генераторных ламп типа ГМИ-6, соединенных параллельно. Кроме того, для достижения порога генерации в каждом импульсе возбуждения их длительность была увеличена до 1 мкс. Осциллограмма пакета импульсов электронного пучка приведена на рисунке, *а*. Видно, что амплитуда импульсов устанавливается в течение некоторого времени, равного длительности фронта тока плазмообразующего разряда в эмиттере. На рисунке, *а* приведена осциллограмма первых 60 мкс, далее в течение 140 мкс никаких особенностей в поведении импульсов тока пучка не наблюдалось. Максимальное установившееся значение амплитуды импульсов тока составляло 30 А.

Ультрафиолетовая генерация на длине волны 325 нм, так же как и в [4], была получена только при использовании примеси четыреххлористого углерода. В экспериментах были определены основные параметры рабочей смеси, при которых наблюдалась максимальная энергия импульсов излучения. Осциллограмма пакета импульсов лазерной генерации приведена на рисунке, *б*. Максимальное значение удельной мощности генерации в отдельном импульсе составляло величину 4 мВт/см³. При этом концентрация гелия составляла $1.2 \cdot 10^{19}$ см⁻³, температура среды 390°С, т. е. концентрация паров кадмия была равна $\sim 3 \cdot 10^{16}$ см⁻³, концентрация CCL₄ — $3 \cdot 10^{15}$ см⁻³.

Из осциллограмм (см. рисунок) видно, что возбуждение смеси несколькими первыми импульсами пучка электронов не приводит к возникновению генерации. Причиной этого, на наш взгляд, являются особенности накачки верхнего лазерного уровня иона кадмия $5s^2 2D_{3/2}$. Как известно, к заселению этого уровня ведет реакция Пеннинга между метастабильными состояниями атома гелия и атомом кадмия [1,5].



Осциллограммы импульсов электронного пучка (а) и импульсов лазерной генерации (б).

Вероятно, в условиях наших экспериментов мощность накачки первых 3–4 импульсов электронного пучка недостаточна для создания концентрации метастабильных атомов гелия, при которой порог генерации будет достигнут. Накопление в активной среде достаточного количества метастабильных атомов гелия приводит к возникновению лазерной генерации.

Характерной особенностью приведенной осциллограммы излучения является наличие фоновой генерации в промежутках между отдельными импульсами. Это также можно объяснить достаточно высокой концентрацией метастабилей гелия, которая не успевает значительно уменьшиться в паузах между импульсами возбуждения. Примечательно, что амплитуда первого импульса генерации примерно равна величине фонового лазерного излучения.

На рисунке видно, что максимум амплитуды отдельных импульсов генерации (б) отстает по времени от максимума импульсов электронного пучка (а). Эта задержка в данном случае составляет примерно 0.5 мкс и обусловлена рекомбинационным характером заселения верхнего лазерного уровня [1,5].

Таким образом, в работе впервые реализована накачка гелий-кадмиевого лазера высокого давления пучком электронов с частотой следования $3 \cdot 10^5$ импульсов в секунду, а также впервые получена высокочастотная ультрафиолетовая генерация в этом лазере.

Список литературы

- [1] Карелин А.В., Яковленко С.И. // Квантовая электроника. 1993. Т. 20. В. 7. С. 631–651.
- [2] Макеев В.А., Новоселов Ю.Н., Старовойтов М.Ю., Уварин В.В. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. В. 9. С. 10–13.
- [3] Горюнов Ф.Г., Держиев В.И., Жидков Н.Г. и др. // Квантовая электроника. 1989. Т. 16. С. 2039–2046.
- [4] Новоселов Ю.Н., Уварин В.В. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 23. С. 15–18.
- [5] Макаров С.В., Новоселов Ю.Н., Осипов В.В. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. В. 8. С. 974–978.
- [6] Гушенец В.И., Коваль Н.Н., Кузнецов Д.Л., Месяц Г.А., Новоселов Ю.Н., Уварин В.В., Щанин П.М. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 23. С. 26–29.