

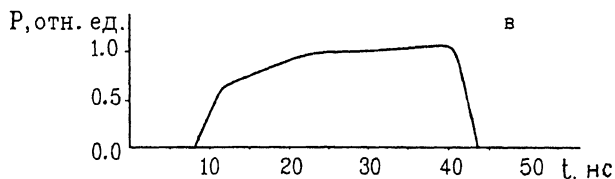
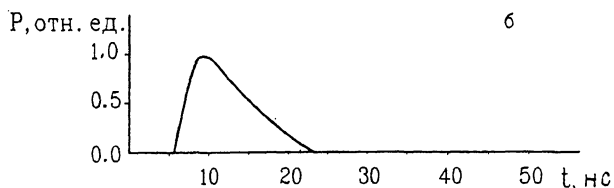
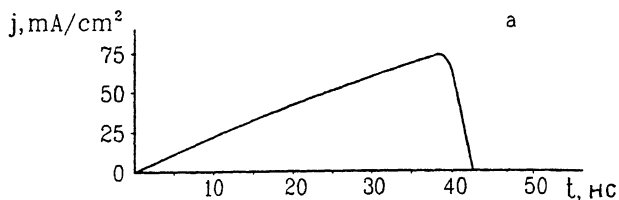
07;12
©1995

КВАЗИСТАЦИОНАРНАЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ГЕНЕРАЦИЯ В ГЕЛИЙ-КАДМИЕВОМ ЛАЗЕРЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Ю.Н.Новоселов, В.В.Уварин

Проблема получения квазистационарной генерации с длиной волны 325 нм на переходе $5s^2\ ^2D_{3/2} - 5p^2\ ^2P_{1/2}$ иона кадмия в гелий-кадмиевой смеси высокого давления актуальна в связи с перспективой создания мощного низкорогового ультрафиолетового (УФ) лазера с накачкой продуктами ядерных реакций. Однако попытки ее получения не дали положительных результатов. УФ генерация была получена только при накачке пучком электронов наносекундной [1] и микросекундной длительности [2]. Особенности ядерной накачки являются значительная длительность импульса возбуждения (от 0.1 до 100 мс) и его затянутые фронты, а также невысокая удельная мощность, вводимая в газ. Моделирование переднего фронта импульса ядерной накачки слаботочным линейно нарастающим пучком электронов длительностью в десятки микросекунд [3] позволило обнаружить эффект ограничения длительности УФ генерации. В эксперименте [3] генерация наблюдалась в течение 10–12 мкс, причем срыв генерации происходил во время действия пучка. Целью настоящей работы являлось определение условий, при которых срыв не происходит, и получение в этих условиях квазистационарной генерации на длине волны 325 нм.

Эксперименты выполнялись на установке, аналогичной [3,4]. Возбуждение рабочей смеси производилось электронным пучком сечением $2 \times 70\text{ см}^2$, энергией электронов 180 кэВ и линейно нарастающим импульсом тока (см. рисунок, а). 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. Для уменьшения влияния неконтролируемых примесных газов применялась непрерывная очистка гелия при прокачке газа со скоростью $\sim 0.1\text{ см/с}$ через лазерную кювету и охлаждаемый жидким азотом цеолитовый фильтр. Резонатор лазера был образован сферическим зеркалом с радиусом



Осциллограммы импульсов тока пуча (а), лазерной генерации в гелий-кадмиевой смеси без добавок CCl_4 (б) и с добавкой 1 Тор CCl_4 (в). Температура смеси — 380°C , давление гелия — 1 атм.

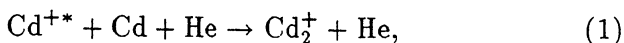
5 м и плоским выходным зеркалом с коэффициентами отражения 99.5% для обоих зеркал. Мощность и временные характеристики генерации измерялись калиброванным фотоэлементом ФЭК-22СПУ, сигнал с которого регистрировался осциллографом С9-27.

Осциллограмма импульса УФ генерации (см. рисунок, б) имеет вид, аналогичный [4], где было показано, что ограничение длительности лазерного импульса происходит вследствие снижения заселенности верхнего лазерного уровня. Такое снижение может быть вызвано, с одной стороны, процессами, ограничивающими поток накачки верхнего лазерного уровня, с другой — столкновительным расселением уровня.

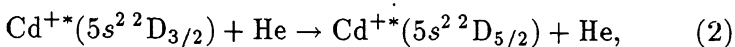
Механизмы заселения верхнего лазерного уровня $5s^2\text{D}_{3/2}$ иона кадмия достаточно хорошо изучены [5]. Ими являются реакции перезарядки с молекулярного иона Ne_2^+ и реакция Пеннинга с участием метастабилей He^* . Ограни-

чение потока накачки верхнего лазерного уровня возможно за счет протекания этих реакций с участием примесных газов, а не паров кадмия [6]. В наших опытах при небольших добавках (~ 1 Тор) газов N_2 , He , Ne , Ar генерация отсутствовала.

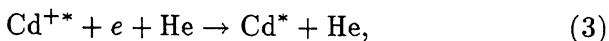
Процессами столкновительного расселения уровня $5s^2 \ ^2D_{3/2}$ могут быть реакции конверсии



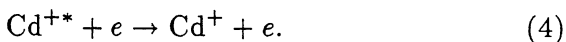
перемешивания



рекомбинации



а также девозбуждение электронным ударом



Скорости реакций (1), (2) определяются параметрами гелий-кадмиевой смеси — давлением буферного газа и температурой среды. В наших опытах изменение давления He от 0.5 до 2.2 атм и температуры от 350 до 420 °С приводило к изменениям длительности импульса УФ генерации от 10 до 4.0 мкс.

В реакциях (3), (4) участвуют электроны. Известно, что константы скоростей этих реакций зависят от их энергий. Повышение электронной температуры может снизить скорости реакций (3), (4) и, следовательно, уменьшить расселение верхнего лазерного уровня.

Для повышения температуры термализованных электронов пучка в гелий-кадмиевой плазме нами использовались добавки электроотрицательного газа — паров четыреххлористого углерода (CCl_4). Осциллограмма импульса лазерной генерации приведена на рисунке, *в*. Видно, что в этом случае срыв генерации отсутствует и импульс лазерного излучения заканчивается одновременно с окончанием импульса накачки. Из полученных результатов следует, что вероятным механизмом, ответственным за срыв генерации, являются столкновения между ионами кадмия $Cd^+(5s^2 \ ^2D_{3/2})$ и термализованными электронами, концентрация которых при длительных импульсах накачки может быть значительной.

Таким образом, в работе впервые получена квазистационарная УФ генерация с длиной волны 325 нм на ионе кадмия в смеси высокого давления и определены условия ее получения. Данные результаты свидетельствуют о возможности создания УФ лазера с ядерной накачкой.

Список литературы

- [1] *Бугаев С.П., Горюнов Ф.Г., Нагорный Д.Ю. и др. // Опт. и спектр. 1988. Т. 65. В. 3. С. 744-747.*
- [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] *Новоселов Ю.Н., Уварин В.В. // ЖТФ. 1995. Т. 65. В. 4. С. 189-192.*
- [4] *Новоселов Ю.Н., Уварин В.В. // Опт. и спектр. 1995. Т. 78. В. 6.*
- [5] *Карелин А.Ф., Яковленко С.И. // Квант. электрон. 1993. Т. 20. В. 7. С. 631-651.*
- [6] *Горюнов Ф.Г., Держиев В.И., Жидков А.Г. и др. // Квант. электрон. 1989. Т. 16. В. 10. С. 2039-2046.*

Поступило в Редакцию
17 июля 1995 г.
