

02; 07; 12

© 1993

ЭКСИМЕРНАЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ЛАМПА С $\lambda \sim 126, 146$
ИЛИ 172 НМА.А. Кузнецов, В.С. Скакун,
В.Ф. Тарасенко, Е.А. Фомин

1. В последнее время источники мощного УФ и ВУФ излучения находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. Используется при этом как когерентное [1], так и спонтанное [2] излучение. Источники спонтанного излучения отличаются простотой и имеют большой срок службы, однако не позволяют получать значительные плотности импульсной и средней мощности излучения и имеют большие потери при увеличении расстояния между источником и объектом облучения. Нами [3] была разработана широкоапертурная эксимерная лампа с мощным импульсным излучением на $\lambda \sim 308, 250, 350$ и 222 нм, диаметром выходного пучка ≥ 10 см, в которой использовано излучение импульсного объемного разряда смесей инертных газов с галогенидами при повышенных давлениях. Плотность мощности излучения в этой лампе достигала 2 кВт/см^2 .

В данной работе впервые сообщается о создании импульсной электроразрядной лампы ВУФ-диапазона с диаметром выходного пучка ≥ 10 см и плотностью импульсной мощности до 0.5 кВт/см^2 , использующей излучение димеров инертных газов.

Отметим, что высокая ($\sim 50\%$) эффективность флуоресценции эксимерных молекул димеров инертных газов при возбуждении пучком и разрядом была известна давно [4, 5] и в настоящее время проводятся расчеты [6] эффективности флуоресценции димеров ксенона и аргона в самостоятельном разряде, не учитывающие контрагирования, которое ограничивает длительность объемной стадии разряда при повышенных давлениях.

2. Конструкция эксимерной электроразрядной лампы была подобна конструкции эксилексной лампы, описанной в [3]. Излучатель включал: газоразрядную камеру объемом 4 л с двумя основными электродами, один из которых был круглым и профилированным, второй — сетчатым, искровые промежутки системы предыонизации, включенные последовательно с обострительными конденсаторами генератора накачки и расположенными вокруг разрядной области. Также в излучатель входил генератор накачки, собранный на двухконтурной схеме с использованием конденсаторов КВИ-3. Величина основного накопителя составляла 4 нФ, обострительных конденсаторов 2,5 нФ, а величина индуктивности разрядного контура основного накопителя составляла ~ 30 нГ.

Излучение выводилось через окно, изготовленное из CaF_2 с диаметром используемой поверхности ~ 90 мм. Окно устанавливалось за сетчатым электродом. Геометрическая прозрачность сетчатого электрода составляла 70%.

В экспериментах использовались гелий, неон, аргон, криптон и ксенон высокой чистоты, в которых примеси составляли менее 0,01%. Амплитудно-временные и спектральные характеристики излучения измерялись в аргоне ($\lambda \sim 126$ нм), криптоне ($\lambda \sim 146$ нм) и ксеноне ($\lambda \sim 172$ нм), а также в смесях этих газов с буферными газами гелием или неоном. Измерения проводились как в квазиотпаянном режиме, когда эксилампа наполнялась рабочим газом или смесью, так и при непрерывной прокачке газов через разрядный промежуток. Во втором случае благодаря непрерывной подаче свежей смеси мощность излучения во время длительной работы лампы не уменьшалась, а рабочая частота повторения достигала 30 с^{-1} . Мощность и длительность импульса излучения эксилампы определялись с помощью ФЭУ-140 с преобразователем спектра на основе салициловокислого натрия, которые предварительно калибровались A_rF -лазером. Для регистрации спектров излучения в ВУФ области использовался вакуумный монохроматор ВМР-2 с решеткой 600 штр/мм, который калибровался по длинам волн с помощью линейчатого спектра водородной лампы [7].

3. На рис. 1 приведены спектры излучения эксимерной лампы в ВУФ области спектра, соответствующие излучению димеров инертных газов с нижних колебательных уровней состояний $1,3\Sigma_u^+$ в основные $^1\Sigma_g^+$ [4, 7]. Зависимость интенсивности излучения в максимуме континуума в криптоне, а также длительности импульса излучения на полувысоте представлены на рис. 2, а. Оптимальное давление, при котором интенсивность излучения димеров криптона максимальна, составляет 240 Тор. Уменьшение интенсивности при дальнейшем увеличении давления связано с контракцией объемного разряда. В искровых разрядах из-за высоких концентраций электронов и температуры газа эффективность флуоресценции эксимерных молекул очень низка. При заполнении лампы аргоном и ксеноном наблюдаются подобные зависимости, а максимальные мощности излучения достигались на данной эксилампе при давлениях 300 и 150 Тор соответственно. Использование буферных

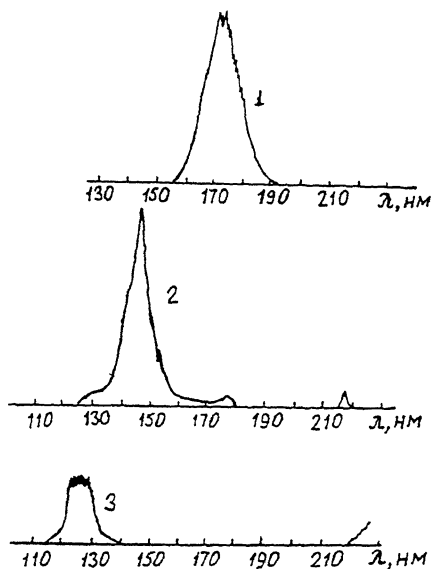


Рис. 1. Спектры излучения ксенона при давлении $p = 60$ Тор (1), криптона при $p = 270$ Тор (2) и аргона при $p = 300$ Тор (3).

газов гелия и неона (рис. 2, б) позволяет улучшить стабильность объемного разряда и увеличить рабочую частоту повторения, при этом в двойных смесях мощность излучения не уменьшается, а в ряде случаев даже увеличивается. Соотношение мощностей излучения димеров в наших экспериментах составило $P_{Xe} : P_{Kr} : P_{Ar} = 12 : 6 : 1$. Плотность выведенной через окно средней мощности излучения на $\lambda \sim 146$ нм в смеси $Kr : He = 1 : 15$ при давлении ~ 1 атм составила ~ 1 мВт/см². Импульсная плотность мощности излучения при выходе из окна на $\lambda \sim 172$ нм достигала 0.5 кВт/см². Длительность импульсов излучения димеров Ar_2^* ($\lambda \sim 126$ нм), Kr_2^* ($\lambda \sim 146$ нм) и Xe_2^* ($\lambda \sim 172$ нм) при максимальных интенсивностях примерно одинакова и составила 500, 500 и 600 нс соответственно. Диаметр светового пучка на выходе из лампы составлял ~ 10 см, а неоднородности по сечению пучка этого же диаметра на расстоянии от выходного окна 8 см были меньше 10%.

4. Таким образом, в данной работе сообщается о создании эксимерной электроразрядной лампы с излучением в ВУФ области спектра с плотностью средней мощности при диаметре выходного пучка ~ 10 см на $\lambda \sim 146$ и 172 нм ≥ 1 мВт/см², а также с импульсной плотностью мощности на $\lambda \sim 172$ нм ~ 0.5 кВт/см².

Частота следования импульсов эксилампы достигала 30 с⁻¹. Излучение подобных эксиламп предлагается использовать в микро-

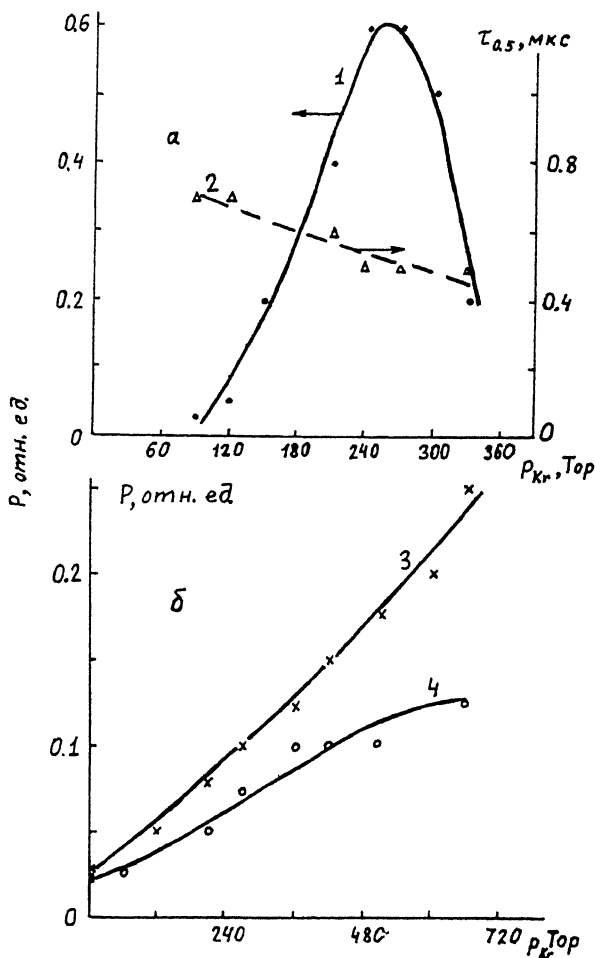


Рис. 2. Зависимости мощности (1) и длительности (2) импульса излучения на $\lambda \sim 146$ нм от давления криптона (а), зависимости мощности излучения на $\lambda \sim 146$ нм от давления буферных газов гелия (3) и неона (4) при давлении криптона 90 Тор (б).

электронике, для организации сухих фотостимулированных процессов травления, осаждения и очистки; в экологии — для разрушения токсичных органических веществ; в биологии и медицине.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Рябов С.Г., Горюшкин Г.Н., Усольцев И.Ф. Приборы квантовой электроники. М.: Радио и связь, 1986. 280 с.

- [2] Курейчик К.П., Безлепкин А.И., Хомяк А.С., Александров В.В. Газоразрядные источники света для спектральных измерений. Минск: Госуниверситет, 1987. 200 с.
- [3] Коваль Б.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А., Янкевич Е.Б. // ПТЭ. 1992. № 4. С. 244-245.
- [4] Эксимерные лазеры / Под ред. Ч. Роудза. М.: Мир, 1981. 245 с.
- [5] Молчанов А.Г., Попов Ю.М. // Квантовая электроника. 1974. Т. 1. № 5. С. 1122-1127.
- [6] G o s h e l a s h v i l y K.S., D a m y a - n o v A.V., K o s h e t o v I.V., Y a n g u r a - z o v a L.R. // Opt. Commun. 1992. V. 91. N 1, 2. P. 66-70.
- [7] Зайдель А.Н., Шрейдер Е.Я. Вакуумная спектроскопия и ее применения. М.: Наука, 1976. 431 с.

Институт сильноточной
электроники СОРАН,
Томск

Поступило в Редакцию
17 января 1993 г.