

04;07;12

Мощный источник спонтанного излучения в области $200 \div 350 \text{ nm}$, возбуждаемый однополярным импульсом тока

© Д.В. Рыбка, Е.Х. Бакшт, М.И. Ломаев, А.Н. Панченко,
В.Ф. Тарасенко, М. Кришнан, Дж. Томпсон

Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия
E-mail: VFT@loi.hcei.tsc.ru
Alameda Applied Sciences Corporation,
CA 94577 San Leandro, USA

Поступило в Редакцию 13 января 2005 г.

Исследованы спектральные, энергетические и временные характеристики импульсного разряда в ксеноне. Показано, что при переходе от колебательного режима протекания тока разряда к однополярному импульсу тока мощность излучения в области $200 \div 350 \text{ nm}$ возрастает, а длительность импульса излучения на полувысоте сокращается. При использовании в генераторе возбуждения сильноточных высоковольтных диодов получена пиковая энергетическая сила света лампы в области $200 \div 350 \text{ nm}$ более 65 kW/sr при длительности импульса на полувысоте $\sim 2 \mu\text{s}$.

1. В настоящее время ведется разработка мощного и недорогого источника импульсного УФ-излучения, предназначенного для управления коммутатором на основе аламаза [1,2]. При этом необходимо, чтобы большая часть излучения приходилась на диапазон длин волн $\lambda \leq 350 \text{ nm}$ ($\lambda \leq 225 \text{ nm}$ соответствует полосе фундаментального поглощения кристалла алмаза, а $\lambda \leq 350 \text{ nm}$ — поглощению на примесях [3,4]), а импульс излучения имел длительность на полувысоте единицы микросекунд. Наиболее перспективными источниками излучения в этой области спектра являются импульсные ксеноновые лампы [5,6]. Однако при увеличении зарядного напряжения и/или величины емкостного накопителя длительность импульса излучения таких ламп возрастает, а рост мощности излучения замедляется.

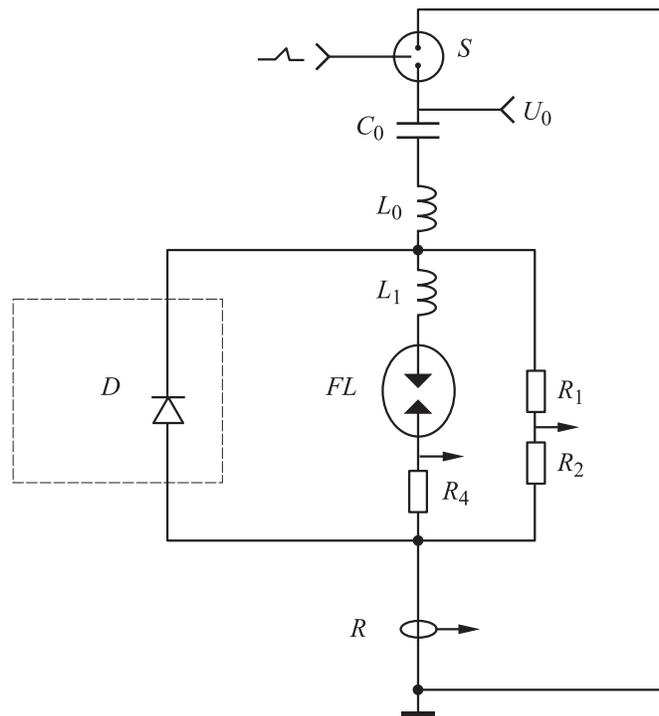


Рис. 1. Электрическая схема экспериментальной установки: $C_0 = 260 \text{ nF}$, $L_0 = 30 \text{ nH}$, $L_1 = 170 \text{ nH}$ (R — пояс Роговского).

Цель настоящей работы — найти режимы разряда в ксеноне, при которых удастся увеличить мощность излучения в области $200 \div 350 \text{ nm}$ при длительности импульса излучения несколько микросекунд.

2. Для формирования разряда в ксеноне использовался импульсный генератор, электрическая схема которого приведена на рис. 1. В ходе экспериментов использовались 2 модификации LC -генератора: генератор 1 представлял собой традиционный LC -генератор, состоящий из включенных последовательно накопительного конденсатора C_0 , коммутатора тригатронного типа S и импульсной лампы FL ; генератор 2 отличался от первого тем, что параллельно лампе и индуктивности L_1

подключались сильноточные диоды (в экспериментальной установке использовались 8 диодов SOS-50-2 [7]).

Основные эксперименты были проведены при зарядном напряжении $U_0 = 5 \div 35$ кВ, величине накопительного конденсатора $C_0 = 260$ нФ, индуктивности разрядного контура ~ 200 нН. При этом использовалась импульсная лампа с межэлектродным расстоянием 4 мм, заполненная ксененом при давлении 550 Торг. Цилиндрическая колба с внутренним диаметром 20 мм была выполнена из кварца с пропусканием излучения в области спектра $200 \div 350$ нм не менее 85%.

Система регистрации оптических характеристик включала в себя спектрометр EPP2000C-25 с фотоприемником на основе CCD-линейки, алмазный детектор компании AASC и фотоэлемент коаксиальный ФЭК-22СПУ. Динамика свечения расширяющейся разрядной плазмы определялась с помощью CCD-камеры „SensiCam“.

3. При проведении экспериментов регистрировались ток разряда, напряжение на электродах, мощность излучения и спектр излучения разряда, а также фотографировалось свечение разряда в различные моменты времени. На рис. 2 представлены характерные осциллограммы тока и временные зависимости энергетической силы света разряда в ксеноне при различных напряжениях для генераторов 1 и 2. Кривые *a* и *b* на рис. 2 соответствуют колебательному режиму протекания тока разряда (возбуждение разряда от генератора 1), в случае *c* и *d* реализуется однополярный импульс тока (возбуждение разряда от генератора 2). Видно, что при однополярном импульсе тока разряда мощность излучения и пропорциональная ей энергетическая сила света лампы возрастают, а длительность импульса излучения на полувысоте сокращается.

Как уже отмечалось, ток через лампу протекал в одном направлении при подключении параллельно лампе сильноточных диодов (генератор 2). Это происходило из-за того, что в процессе разрядки C_0 при изменении полярности напряжения на диодах с обратной на прямую диоды через лампу шунтировали индуктивность L_1 , и она начинала отдавать запасенную к этому моменту времени энергию по вновь образованному контуру L_1-D-FL . Следует отметить, что в момент изменения полярности напряжения на диодах величина тока достигала значения, близкого к максимальному, так как активное сопротивление контура $S-S_0-FL$ было уже много меньше его волнового сопротивления. Ток разрядки индуктивности L_1 в контуре L_1-D-FL уменьшался

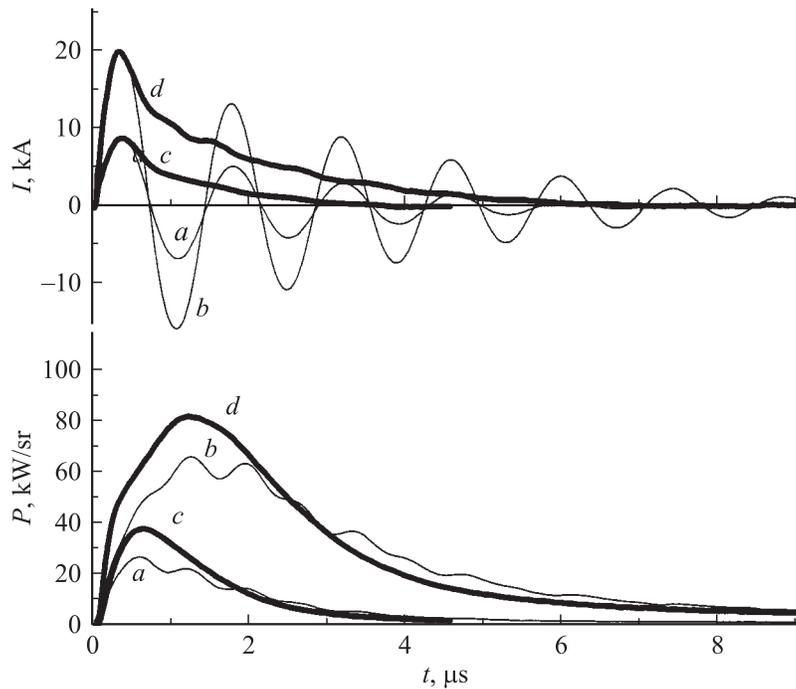


Рис. 2. Ток разряда и энергетическая сила света ксеноновой импульсной лампы в диапазоне длин волн $200 \div 850$ nm. *a, b* — режим 1; *c, d* — режим 2; *a, c* — $U_0 = 9.5$ kV; *b, d* — $U_0 = 24$ kV.

по экспоненциальному закону с постоянной времени $\tau \sim L_1/R_c$, где R_c — активное сопротивление контура. В то же время ток через сборку диоды–импульсная лампа (*D–FL*), измеряемый поясом Роговского (рис. 1), представлял собой затухающие колебания.

Увеличение мощности излучения импульсной лампы при возбуждении от генератора 2 (по сравнению с генератором 1) можно объяснить отсутствием пульсаций мощности возбуждения (мощности, выделяемой в разряде). При возбуждении лампы от генератора 1 (*LC*-генератор) и напряжениях больше нескольких киловольт режим разряда становится колебательным и появляется неизбежная пульсация мощности возбуждения. При уменьшении мощности возбуждения до

нуля плазма разряда охлаждается. Это, в свою очередь, приводит к пульсациям мощности излучения (рис. 2, *a, b*). При этом для больших значений U_0 максимальная мощность излучения достигается во втором пике импульса излучения (после второго полупериода тока). При использовании генератора 2 ток протекает через лампу в одном направлении и сглаживается пульсация вводимой в разряд мощности. Это приводит к увеличению пиковой мощности излучения (в наших экспериментах $\sim 30\%$) и сокращению длительности импульса излучения на полувысоте.

При возбуждении разряда от генератора 2 энергия излучения в диапазоне длин волн $200 \div 350$ nm достигала ~ 2 J при КПД $\sim 8.5\%$ от энергии, вложенной в разряд. Пиковая энергетическая сила света лампы в области $200 \div 350$ nm составила более 65 kW/sr. Следует отметить, что увеличение пиковой мощности излучения при возбуждении разряда от генератора 2 по сравнению с возбуждением от генератора 1 происходит без уменьшения энергии импульса излучения.

4. Таким образом, в данной работе показано, что при переходе от колебательного режима протекания тока разряда к однополярному импульсу тока мощность излучения источника возрастает, а длительность импульса излучения на полувысоте уменьшается. Проведены исследования спектральных, энергетических и временных характеристик импульсного разряда в ксеноне при использовании двух типов генераторов. Создан мощный источник спонтанного излучения на основе сильноточного импульсного разряда в ксеноне. Энергия излучения в диапазоне длин волн $200 \div 350$ nm составила ~ 2 J с эффективностью преобразования введенной в разряд энергии в излучение 8.5% . Получена пиковая энергетическая сила света лампы в области $200 \div 350$ nm более 65 kW/sr при длительности импульса на полувысоте ~ 2 μ s.

Настоящая работа проведена при финансовой поддержке фонда CRDF (проект № RP2–538–TO–02).

Список литературы

- [1] Ломаев М.И., Рыбка Д.В., Тарасенко В.Ф., Липатов Е.И., Кришнан М., Томпсон Дж., Раркс Д. // Изв. вузов. Физика. 2004. В. 1. С. 81–84.
- [2] Рыбка Д.В., Бакшт Е.Х., Ломаев М.И., Тарасенко В.Ф., Кришнан М., Томпсон Дж. // ЖТФ. 2005. Т. 75. № 2. С. 131–134.
- [3] Field J.E. The properties of diamond. Lnd.: Academ. Press, 1979.

- [4] *Бокий Г.Б., Безруков Г.Н., Клоев Ю.А., Налетов А.М., Непша В.И.* Природные и синтетические алмазы. М.: Наука, 1986.
- [5] *Энциклопедия* низкотемпературной плазмы. вводный том IV / Под ред. В.Е. Фортова. М.: Наука, МАИК „Наука/Интерпериодика“, 2000. 508 с.
- [6] *Рохлин Г.Н.* Разрядные источники света. М.: Энергоатомиздат, 1991. 720 с.
- [7] *Ружин С.Н.* Приборы и техника эксперимента. 1999. № 4. С. 5–36.