

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕ CS₂-ЛАЗЕРА В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА

В.А. Горобец, Б.Ф. Кунцевич, В.О. Петухов

Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск

Эксперимент. Известно, что молекула CS₂ – нестойкая и быстро диссоциирует в плазме электрического разряда. Поэтому при разработке ТЕ CS₂-лазера основное внимание уделялось достижению устойчивого тлеющего разряда в сравнительно простой и надежной системе. За основу конструкции была выбрана широко используемая система накачки ТЕА СО₂-лазера с УФ-предыонизацией [1], которая была существенно модернизирована с целью уменьшения диссоциации CS₂ за счет снижения E/N (E – напряженность электрического поля, N – объемная плотность частиц). Резонатор лазера был образован зеркалами с алюминиевым покрытием и с радиусами кривизны $R_1=1,5$ м и $R_2=2,5$ м. Второе зеркала имело отверстие диаметром 5 мм для вывода излучения. Это отверстие герметизировалось пластиной из KRS-5 толщиной 6 мм. Длина резонатора составляла ~1 м, а активной среды (длина области разряда) – 0,7 м. Ширина разрядного промежутка равнялась 3 см, а расстояние между электродами 2 см. Напряжение (U_c) на накопительной емкости ($C_u=0.2$ мкФ) с малой индуктивностью могло варьироваться от 2,5 до 7 кВ.

В качестве активной среды использовался CS₂ со смесью газов N₂, O₂ и He. Суммарное давление варьировалось от 10 до 70 Торр. При оптимизации состава активной среды учитывалась, как основной фактор, устойчивость (отсутствие контрагирования) тлеющего разряда. Эксперименты показали, что для используемой системы однородный разряд удается поджечь только при сравнительно малом (<3 Торр) содержании CS₂. Экспериментально был установлен оптимальный состав активной среды CS₂:O₂:N₂:He=0,025:0,150:0,2:0,625. При суммарном давлении $P=27$ Торр и напряжении $U_c=3$ кВ была получена выходная энергия терагерцового излучения ~1 мДж.

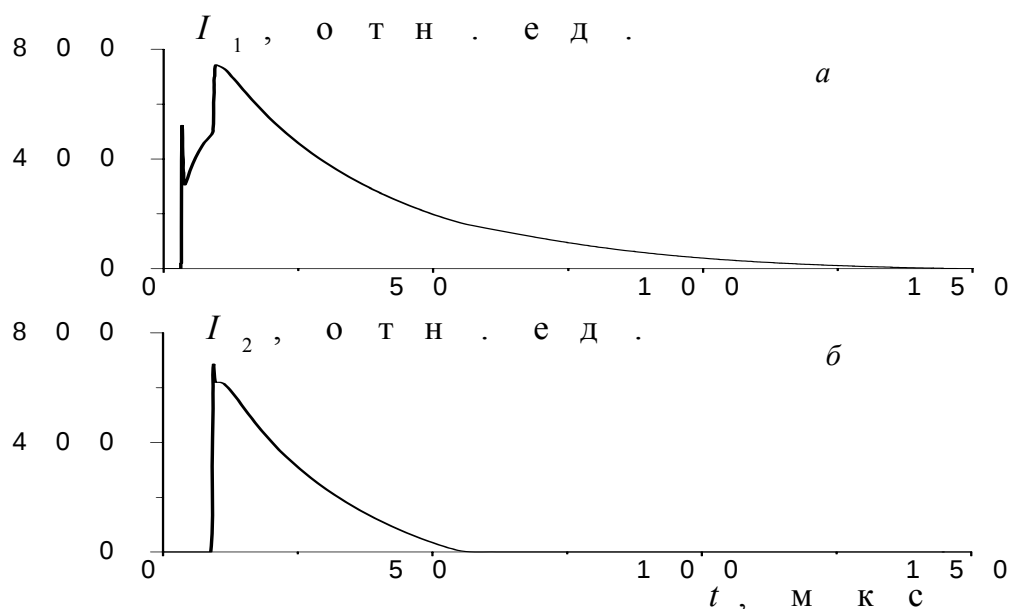
Для идентификации лазерных переходов использовался набор различных светофильтров (кремний (толщина 0,5 мм), Ge (5 мм), слюда (0,2 мм), фторопласт (0,5 мм), кварц кристаллический (3 мм), плотный полиэтилен (0,2 мм), спектры пропускания которых специально «прописывались» на высокоточном Фурье-спектрометре. Фильтры по отдельности и их комбинации помещались перед фотоприемниками, в качестве которых использовались высокочувствительный пироэлектрический де-

тектор и болометрический измеритель. На основе данной методики было установлено, что длины волн генерируемого излучения находились в пределах 38 – 50 мкм. Анализ колебательной структуры молекулы CS_2 показал, что наиболее вероятно имеет место каскадная генерация по схеме $00^01 \rightarrow 20^00$ (45,6 мкм) $\rightarrow 20^00 \rightarrow 11^10$ (38,9 мкм).

Теоретические исследования. Для интерпретации экспериментальных результатов было выполнено численное моделирование. Для определенности предполагалось, что активная среда представляет собой смесь газов $\text{CS}_2:\text{CO}:\text{He}=1:1:3$ при давлении 20 Торр. Решалась система балансных уравнений для населенностей одиннадцати нижних колебательных состояний молекулы CS_2 и первого возбужденного колебательного состояния молекулы CO . Считалось, что основным каналом накачки является передача энергии при столкновениях от первого возбужденного в электрическом разряде колебательного уровня молекулы CO состоянию 10^01 молекулы CS_2 . Записывались также уравнения для интенсивностей I_1 и I_2 генерируемого излучения в каналах 00^01 - 20^00 (45,6 мкм; центр колебательно-вращательной линии R36) и 20^00 - 11^10 (38,9 мкм; центр линии R33), соответственно, молекулы CS_2 . Для учета проявления эффекта «узкого вращательного горла» дополнительно решались балансные уравнения для населенностей четырех вращательных подуровней, непосредственно связанных генерируемым лазерным излучением. Контуры линий усиления описывались функцией Фойгта. Предполагалось, что длительность импульса тока накачки на полувысоте пика $\sim 0,5$ мкс, а энерговклад составляет $0,1 \text{ Дж}\cdot\text{см}^{-3}\cdot\text{атм}^{-1}$. Коэффициенты потерь для обоих каналов генерации полагались одинаковыми: $k_1 = k_2 = 0,002 \text{ см}^{-1}$. При расчетах использовались константы, приведенные в [2].

Рассчитанные временные зависимости интенсивностей генерируемого излучения I_1 и I_2 приведены на рисунке. Из расчетов следует, что после включения импульса накачки с задержкой ~ 4 мкс начинает высвечиваться импульс излучения в канале 00^01 - 20^00 . Его длительность на полувысоте составляет ~ 34 мкс. Формирование импульса генерации во втором канале по отношению к первому происходит с задержкой ~ 6 мкс. Длительность импульса на полувысоте ~ 14 мкс. Выходная энергия в первом и втором каналах достигает значений 1,2 мДж и 0,4 мДж, соответственно. Особенностью данной каскадной схемы генерации является то, что формирование импульса излучения во втором канале (рис.1 б) начинается после «сброса» инверсной населенности в первом канале (рис. а). В свою очередь, начало высвечивания импульса во втором кана-

ле приводит к увеличению интенсивности лазерного излучения в первом канале. В диапазоне рассмотренных параметров увеличение коэффициентов потерь в обоих каналах ведет к уменьшению энергии излучения.



Временные зависимости интенсивностей излучения в первом I_1 (а) и втором I_2 (б) каналах генерации.

Созданный терагерцовый лазер может быть использован для решения различных фундаментальных и прикладных задач. Более оптимальная система электрического возбуждения с еще меньшим значением E/N в разряде позволит значительно увеличить энергетические параметры терагерцового излучения TE CS₂ лазера.

1. Горобец В.А., Петухов В.О., Тоцицкий С.Я., Чураков В.В. // Квантовая электроника. 1995. Т. 22, № 5. С. 514-518.
2. Волков А.Ю., Демин А.И., Логунов А.Н., Кудрявцев Е.М. и др. // Труды ФИАН. 1979. Т.113. С. 168-183.