

0.4; 07

© 1990

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ГОРЕНИЯ РАЗРЯДА
В ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОМ CO₂-ЛАЗЕРЕИ.И. Б е л я к о в, П.И. Б о г д а н о в,
Г.А. М е с я ц, В.В. О с и п о в,
В.А. Т е л ь н о в

Импульсно-периодические CO₂-лазеры атмосферного давления, в которых отсутствует обновление рабочей среды в газодинамическом тракте, находят все более широкое применение вследствие их компактности и высоких энергетических характеристик.

Основным недостатком таких приборов является сравнительно небольшой срок службы ($\sim 10^6$ включений) вследствие изменения химического состава газовой среды и контракции объемного разряда [1]. Такая ситуация наблюдается как при максимально-достигнутых энерговыкладах (0.2 Дж/см³), так и при сравнительно низких (0.04–0.06 Дж/см³) уровнях энергии, вводимой в газ [2, 3]. Поэтому проблема повышения ресурса работы таких устройств в значительной мере сводится к поиску методов обеспечения объемного горения разряда. Один из перспективных подходов к повышению устойчивости объемного разряда связан с использованием электродов из $La_{0.7}Sr_{0.3}CoO_3$ [4], обладающих также способностью восстанавливать CO₂ [5].

В настоящей работе показывается возможность существенного повышения энергетических и ресурсных характеристик импульсно-периодических CO₂-лазеров с квазистабильной средой при использовании электродов из перовскита $La_{0.7}Sr_{0.3}CoO_3$.

Для проведения исследований использовалась установка, конструкция и схема возбуждения которой детально изложены в [6]. Межэлектродный промежуток 4.2 x 5 x 25 см располагался в кювете объемом 3.5 л, заполненном смесью газов CO₂ : N₂ : He = 1 : 1 : 3 атмосферного давления. Электроды изготавливались в одном случае из нержавеющей стали 12x18N10T, в другом – анод из нержавеющей стали, а катод из перовскита $La_{0.7}Sr_{0.3}CoO_3$. При возбуждении объемного разряда в межэлектродном промежутке рассеивалась энергия 1.575 Дж. Средняя мощность излучения регистрировалась калориметром ИМО-2Н, изменение химического состава и газовой среды – масс-спектрометром МИ-1201В, а время формирования канала (τ) и вероятность контракции объемного разряда (ω) – осциллографом С8-14.

На рис. 1 приведены зависимости концентрации $\frac{[CO_2]}{[CO_2]_0}$ и мощности излучения $\frac{P}{P_0}$ в относительных единицах от числа включе-

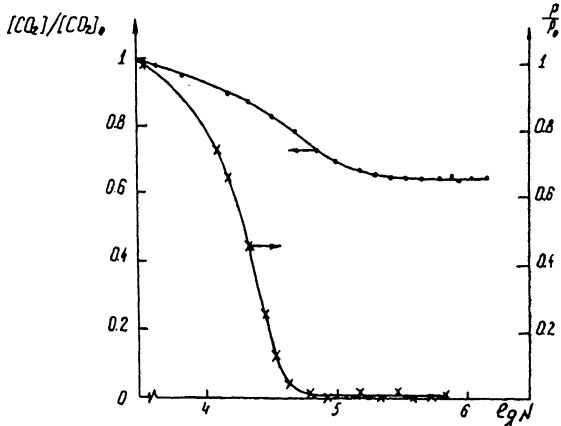


Рис. 1. Изменения относительной концентрации $\frac{[CO_2]}{[CO_2]_0}$ (1) и средней мощности излучения $\frac{P}{P_0}$ (2) от числа включений для металлических электродов.

ний n при использовании стальных электродов. На рис. 2 аналогичные зависимости при использовании катода из перовскита. В обоих случаях при $n \leq 4 \cdot 10^4$ (точка А на кривых 1 и 2 соответствует $n = 10^4$ включений) в межэлектродном промежутке зажигался объемный разряд с вероятностью контракции $\omega = 0.03$. Концентрация CO и O_2 в этот момент составляли 3 и 1.5% соответственно. При этом минимальное время формирования канала $\tau \sim 5$ мкс. На участке А-В концентрация молекул CO_2 уменьшалась до 82% от первоначальной, а концентрации молекул CO и O_2 и время τ достигали 3.5%, 1.8% и 200-300 нс соответственно. На участке В-С вероятность $\omega = 1$, τ уменьшилось до ~ 100 нс.

При использовании катода из перовскита (рис. 2) максимальное разложение $\frac{[CO_2]}{[CO_2]_0} = 67\%$ наблюдалось после $n = 1.5 \cdot 10^5$ включений (точка С), где τ сокращалось до 10 нс и практически вся энергия, запасенная в накопительных конденсаторах, вводилась в искровой канал. Начиная с этого момента, в кювете отмечалось нарастание концентрации молекул NO до $[NO] = 0.03\%$ при воздействии на газовую среду $\sim 10^3$ импульсов. Резкое нарастание $[NO]$ сопровождалось уменьшением вероятности контракции до $\omega = 0$ (т.е. восстановлением объемного разряда) и восстановлением мощности излучения лазера до $\frac{P}{P_0} = 0.7$. После восстановления объ-

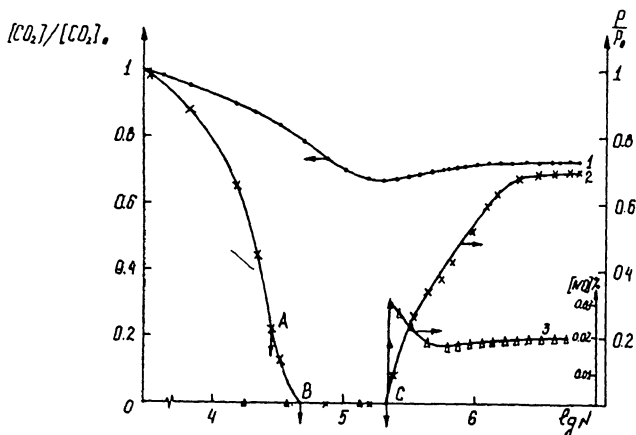


Рис. 2. Изменения относительной концентрации $\frac{[CO_2]}{[CO_2]_0}$ (1), средней мощности излучения $\frac{P}{P_0}$ (2) и концентрации $[NO]$ (3) от числа включений для катода из перовскита.

емного протекания тока в промежутке разряд оставался стабильным, а концентрация молекул CO_2 возрастала до стационарного значения

$\frac{[CO_2]}{[CO_2]_0} = 73\%$. Эксперимент был прекращен после $n = 7 \cdot 10^6$

включений, т.к. какого-либо изменения энергии излучения и состава газовой среды не наблюдалось.

Как видно из рис. 1, подобного процесса прекращения контракции импульсных объемных разрядов при использовании стальных электродов не происходит.

В заключение подчеркнем, что использование катода из $La_{0.7}Sr_{0.3}CoO_3$ в импульсно-периодическом CO_2 -лазере с квазистабильной средой после традиционной контракции объемного разряда спустя 10^5 включений позволяет восстановить объемное протекание тока в равновесной среде с высоким уровнем поглощаемой энергии и как следствие существенно повысить энергетику и ресурс работы таких устройств.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Starc D.S., Cross P.H., Foster H.
// IEEE J. QUANT. ELECTR. 1975. QE-11. N 9.
P. 774-778.

- [2] Marchetti R., Penso E., Salvetti M. // IEEE J. QUANT. ELECTR. 1985. QE-21. N 11. P. 1766-1774.
- [3] Р а с е Р. W., Л а с о м б е М. // IEEE J. QUANT. ELECTR. 1978. QE-14. N 4. P. 263-274.
- [4] Месяц Г. А., Осипов В. В., Петров А. Н., Тельнов В. А., Фролов В. Н., Хамидулин Г. М. // ЖТФ. 1990. Т. 60. № 4.
- [5] Гаврилова Л. Я., Липатов Н. И., Пашинин П. П. и др. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 6. С. 557-560.
- [6] Осипов В. В., Тельнов В. А., Хамидулин Г. М. // ПТЭ. 1988. № 1. С. 181-182.

Институт электрофизики
АН СССР,
Уральское отделение, Свердловск

Поступило в Редакцию
25 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

26 августа 1990 г.

01; 04

© 1990

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРЕВА ПЛАЗМЫ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ

С. И. П о п е л ь, В. Н. Ц ы т о в и ч

Радиационно-резонансные взаимодействия (РРВ) [1, 2] волн и частиц в плазме существенным образом влияют на динамику надтепловых электронов плазмы (см. [2-4]). В случае пучковой неустойчивости РРВ приводят для пучков достаточно низкой плотности к совершенно иному механизму ее развития, чем тот, который был предложен в [5] без учета РРВ. Ниже будет показано, что это обстоятельство позволяет при определенных условиях повысить эффективность нагрева плазмы пучком электронов.

Пусть в плазме с концентрацией n в момент времени $t=0$ имеется одномерный пучок электронов с концентрацией n_b ($n_b \ll n$), характерной скоростью U_b и разбросом по скоростям ΔU ($\Delta U \ll U_b$). Предполагается, что $U_b \gg U_{Te}$ (U_{Te} — тепловая скорость электронов), и выполнено условие применимости кинетического описания: $\Delta U/U_b \gg (n_b/n)^{1/3}$. Динамику пучка описывает система уравнений (см. [1-2]), описывающая квазилинейные эффекты, а также эффекты, вызванные РРВ, и состоящая из уравнений, определяющих динамику функции распределения электронов и энергетического спектра ленгмюровских волн, возбуждаемых вследствие пучковой неустойчивости. В предположении, что ленгмюровские волны возбуждаются в направлении распространения пучка, система уравнений, по-