

[11] Астахов В.В., Безручко Б.П., Селезнев Е.П. // Письма в ЖТФ, 1988. Т. 14. С. 37-41.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР
(Саратовский филиал)

Поступило в Редакцию
20 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 3

12 февраля 1989 г.

02; 07

КВАЗИНЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР НА ПЕРЕХОДЕ $C^3\pi_u - B^3\pi_g$ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА

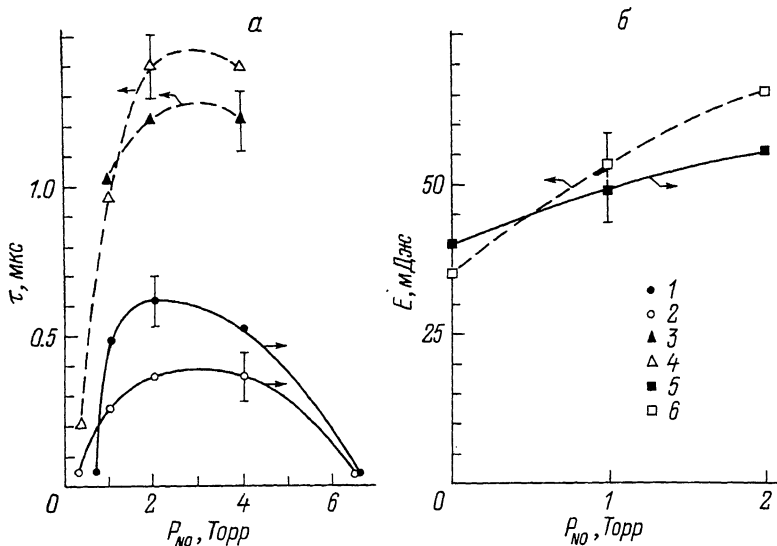
Б.М. Беркепиев, В.А. Долгих,
И.Г. Рудой, А.Ю. Самарин,
А.М. Сорока, В.Ф. Суховерхов

В настоящей работе приведены результаты первых исследований временных и энергетических характеристик квазинепрерывного лазера на „самоограниченном“ переходе $C^3\pi_u - B^3\pi_g$ ($\lambda \approx 358$ нм) второй положительной системы N_2 , возбуждаемого электронным пучком.

Быстрый ($\approx 1-3$ нс) обмен энергией между состояниями $B_{v=1}$, $A_{v=1}$ и $A_{v=2}$ молекулы азота при столкновениях с Ar и N_2 [1, 2] в характерных лазерных смесях [3-5] обеспечивает увеличение эффективного статистического веса нижнего лазерного уровня $B^3\pi_g$ в 15-20 раз. Это позволило нам реализовать квазинепрерывную генерацию на $\lambda = 358$ нм при включении в состав активной среды небольшой примеси NO . Достаточная $\approx (0,5-1) \cdot 10^8$ с $^{-1}$ частота дезактивации нижнего лазерного состояния достигается уже при давлении $NO \approx 1$ Тор (см. рис. 1, а). При этом скорость опустошения всего „резервуара“ $A_{v=2} - B_{v=1} - W_{v=1}$ составляет $\approx 5 \cdot 10^6$ с $^{-1}$ (константы скорости тушения возбужденных состояний азота в столкновениях с NO приведены в [6, 7]).

Возбуждение газовых смесей осуществлялось электронным пучком со следующими параметрами: плотность тока $\approx 3,5$ А/см 2 , энергия быстрых электронов ≈ 170 кэВ, длительность импульса накачки 1,4-1,6 мкс. Активный объем лазера составлял $\approx 0,5$ л при длине усиления ≈ 35 см. Резонатор лазера образовывали диэлектрические зеркала с максимальным коэффициентом отражения на $\lambda = 358$ нм и радиусом кривизны 5 м. Энергия генерации измерялась калориметром с чувствительностью 20 мВ/Дж, временные характеристики излучения регистрировались с помощью монохроматора МДР-23, ФЭУ 18 ЭЛУ-ФС и осциллографа С8-12.

Наиболее ярко влияние дезактивации нижнего лазерного уровня проявилось в хорошо известной и наиболее исследованной лазерной



Зависимость энергии (2, 1, 5) и длительности генерации (4, 3, 6) от давления NO для смесей 1 атм Ar / 60 Торр N_2 (2, 4); 2 атм Ar / 60 Торр N_2 (1, 3) и 3.5 атм He / 1.9 атм Ne / 400 Торр Ar / 30 Торр N_2 (5, 6) при прозрачности резонатора $\approx 6\%$.

смеси $Ar/N_2 = (20-10)/1$ [3, 4]. Как видно из рисунка, а, при используемой в настоящей работе мощности накачки (в [3, 4] плотность тока электронного пучка составляла $200-500 \text{ A/cm}^2$) без NO генерация отсутствует, а при концентрации NO 2 Торр энергия излучения лазера составляет ≈ 25 мДж. Отсутствие генерации в двойной смеси Ar/N_2 указывает на то, что константа колебательной релаксации состояния $B_{U=1}$ аргоном $\approx 9 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{c}$ [8] существенно завышена. Уменьшение энергии излучения при дальнейшем повышении концентрации NO обусловлено конкуренцией процессов диссоциативной рекомбинации Ar_2^+ и тройной перезарядки ($Ar_2^+ + NO + Ar \rightarrow \text{продукты}$), а также передачи возбуждения с Ar^* на N_2 и NO (константы скорости этих процессов приведены в [9, 10]).

В [5] показано, что улучшение энергетических характеристик и некоторое увеличение длительности генерации лазера на 2^+ системе N_2 достигается при частичной замене Ar на Ne и He . В наших условиях оптимальной для генерации на $\lambda = 358 \text{ nm}$ оказалась близкая к [5] смесь 3.5 атм He / 1.9 атм Ne / 400 Торр Ar / 30 Торр N_2 , при возбуждении которой получена энергия генерации 35 мДж, а длительность лазерного излучения составляла 0.7 мкс. На рисунке, б показана зависимость энергии и длительности генерации от концентрации NO . Полученная в настоящей работе зависимость мощности излучения лазера от прозрачности резонатора для этой смеси при давлении NO 2 Торр позволила определить коэффициенты ненасыщен-

ного усиления $\alpha_0 \approx 8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$, распределенных потерь $\beta \approx 2 \times 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ и насыщающий поток $I_H \approx 56 \text{ кВт/см}^2$. Таким образом, эффективность вывода излучения из резонатора не превышает 25%. В близком к оптимальному резонаторе с прозрачностью 12% была получена энергия генерации $\approx 70 \text{ мДж}$ при КПД по вложенной от электронного пучка энергии $\approx 0.3\%$.

В заключение отметим, что оптимизация состава активной среды в квазинепрерывном режиме генерации в настоящей работе не проводилась. Кроме этого, поскольку нерезонансные потери в активной среде лазера обусловлены, на наш взгляд, поглощением димерами, а сечение поглощения быстро убывает с ростом длины волны [9], то КПД генерации на переходе 0-2 ($\lambda = 380.5 \text{ нм}$) может быть выше.

Таким образом, в настоящей работе впервые реализована квазинепрерывная генерация в УФ диапазоне на второй положительной системе нейтральной молекулы азота со столкновительным рассеянием нижнего лазерного уровня.

Л и т е р а т у р а

- [1] R o t e n A., N a d l e r I., R o s e n - w a k s S. // Chem. Phys. Letts. 1981. N 83. P. 281.
- [2] S a d e g h i N., S e t s e r D.W. // J. Chem. Phys. 1983. N 79. P. 2710.
- [3] S e a r l e s S.K., H a r t G. A. Appl. Phys. Letts. 1974. N 25. P. 79.
- [4] Б а с о в Н.Г., Д а н и л ы ч е в В.А., Д о л г и х В.А. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1974. В. 20. С. 124.
- [5] C h o u M.-S., Z a w a d z k a s G.A. // IEEE J. QE-17. 1981. N 17. P. 77.
- [6] D r e y e r J.W., P e r n e r D., R o y C.R. // J. Chem. Phys. 1974. N 61. P. 3164.
- [7] С л о в е ц к и й Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980.
- [8] Д в о р я н к и н А.Н., И б р а г и м о в а Л.Б., К у л а г и н Ю.А., Ш е л е п и н Л.А. В сб.:Химия плазмы, т. 14. М.: Энергоатомиздат, 1987.
- [9] В и г а н д В.Дж. В сб.:Газовые лазеры. М.: Мир, 1986.
- [10] С м и р н о в Б.М. Возбужденные атомы. М.: Энергоиздат, 1982.

Поступило в Редакцию

25 июля 1988 г.

В окончательной редакции

9 ноября 1988 г.