

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.373.8

DOI: 10.17223/00213411/62/9/139

И.Н. КОНОВАЛОВ¹, Ю.Н. ПАНЧЕНКО¹, А.В. ПУЧИКИН¹, В.Ф. ЛОСЕВ¹, С.М. БОБРОВНИКОВ²ДЛИННОИМПУЛЬСНЫЙ N₂-ЛАЗЕР С НАКАЧКОЙ ПРОДОЛЬНОМ РАЗРЯДОМ *

Представлены результаты исследований по разработке эффективных N₂-лазеров с накачкой продольным разрядом при удельных мощностях накачки более 3 МВт/см³. Показано, что основной причиной, ограничивающей длительность и энергию генерируемого излучения, является неустойчивое горение диффузного разряда в данных режимах работы лазера. Предложены способы формирования диффузного разряда, позволяющие увеличить длительность импульса генерации с 5 до 20 нс.

Ключевые слова: N₂-лазер, продольный разряд, плотность тока, излучение, КПД лазера.

Введение

В настоящее время в литературе имеется большое количество исследований, посвященных повышению эффективности работы N₂-лазера с накачкой поперечным и продольным электрическим разрядом [1, 2], импульсным индукционным разрядом [3], СВЧ-разрядом [4], а также с использованием пучка убегающих электронов [5]. Продолжающийся интерес исследователей к азотному лазеру обусловлен, во-первых, генерацией излучения в УФ-диапазоне спектра (337.1 нм), а во-вторых, низкой себестоимостью и безопасностью используемой газовой среды. Тем не менее данный тип лазера имеет низкий КПД и малую длительность импульса выходного излучения, что существенно ограничивает область его применения.

Для повышения длительности импульса генерируемого излучения и эффективности работы азотного лазера необходимо иметь высокоэнергетические электроны в разрядной плазме, так как молекула азота имеет потенциальную энергию верхнего лазерного уровня $C^3\Pi_u \sim 11.5$ эВ. Для этих целей в ТЕА N₂-лазерах применяется многокомпонентная газовая смесь N₂/SF₆ [1]. В азотном лазере с продольным разрядом величина напряжения на разрядной плазме существенно выше, чем в первом случае, что позволяет надеяться на повышение эффективности передачи электрической энергии в лазерное излучение.

В работах [2, 6, 7] представлены результаты исследований азотных лазеров с продольным разрядом. В данных лазерах использовались разрядные трубки из стекла или керамики, которые состояли из одной или нескольких секций. Эффективная накачка достигалась при длине разрядных трубок от 15 до 40 см, внутренних диаметрах трубок 1–6 мм. Обостряющие ёмкости, подключённые к секциям разрядной трубки, импульсно заряжались от накопительной ёмкости при срабатывании коммутатора. При разряде обостряющих ёмкостей на секции происходило формирование разряда и накачка активной среды, генерация излучения возникала на фронте импульса тока, при быстром спаде приложенного напряжения. Давление азота в разрядной трубке составляло единицы-десятки миллиметров ртутного столба. Плотность разрядного тока достигала ~ 1 кА/см². Необходимые мощности накачки достигались за счёт высоких зарядных напряжений, 30–50 кВ. Получены импульсы излучения на длине волны ~ 337.1 нм с энергией 0.05–0.3 мДж. Длительность импульсов излучения на уровне половины интенсивности не превышала 3–5 нс.

Известно, что генерация излучения N₂-лазера возникает на переходах $C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$ молекулы азота в результате прямого возбуждения молекулы электронным ударом из основного состояния $X^1\Sigma_g^+$. Радиационное время жизни состояния $C^3\Pi_u$ соответствует ~ 40 нс. Уровень $B^3\Pi_g$ радиационно распадается в метастабильное состояние $A^3\Sigma_u^+$ и имеет время жизни ~ 9 мкс. Поскольку на переходах $C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$ стационарной инверсии не возникает, длительность генерируемых импульсов излучения ограничивается соотношением скоростей возбуждения этих энергетических уровней. Для эффективного возбуждения уровней $C^3\Pi_u$ молекул азота из основного состояния $X^1\Sigma_g^+$ прямым электронным ударом средняя энергия электронов должна превышать 11 эВ, потенциал

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-19-01229).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>