

ВЛИЯНИЕ ПОЛЯРНОСТИ ИМПУЛЬСА ПИТАНИЯ И РАЗМЕРОВ ВОЗБУЖДАЕМОЙ ОБЛАСТИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЗОТНОГО ЛАЗЕРА НА ОСНОВЕ СКОЛЬЗЯЩЕГО РАЗРЯДА

П.П. Брэнзалов, Б.О. Зикрин, Н.В. Карлов, Г.П. Кузьмин

Исследовано влияние полярности питающего импульса напряжения в смесях азота с гелием на работу азотного УФ лазера (337 нм), возбуждаемого скользящим по поверхности диэлектрика разрядом. Определена зависимость выходной энергии лазера от величины разрядного промежутка и материала подложки.

Использование скользящего по поверхности диэлектрика разряда для накачки азотного лазера /1/ имеет ряд особенностей /2, 3/. Во-первых, скользящий разряд позволяет осуществлять протекание больших импульсных токов с крутым фронтом нарастания даже при больших зазорах. Во-вторых, увеличение длины разрядного промежутка не приводит к существенному возрастанию индуктивности разрядного контура. В-третьих, при низких давлениях разряд носит диффузный характер.

Исследования азотного УФ лазера (337 нм) на основе скользящего разряда /3/ показали, что выходное излучение обладает малой расходимостью в поперечном к плоскости скользящего разряда направлении и высокой плотностью мощности в пучке. Показана возможность работы с большой частотой повторения импульсов без смены газа /4/. В настоящей работе исследуется влияние полярности импульса питания и дозавок гелия на уровень выходной энергии азотного лазера, а также зависимость величины энергии от размера разрядного промежутка и материала подложки (стеклотекстолит, ленточный лейкосапфир).

Скользкий разряд размером $750 \times 44 \text{ мм}^2$ формировался на поверхности кристаллического лейкосапфира (или стеклотекстолита) размером $800 \times 80 \text{ мм}^2$. Толщина сапфира 2 и 1 мм, стеклотекстолита — 2 мм. На рис. 1 показана электрическая схема формирования скользящего разряда. Диэлектрическая подложка вместе с обостряющей емкостью C_1 размещались в стеклопластиковой камере круглого сечения. Остальная часть импульсной схемы находилась вне камеры. Индуктивность разрядного контура составляла около 100 нГ, ширина импульса напряжения по полувывоте — около 60 нс, амплитуда тока достигала 12 — 15 кА. Для питания импульсного генератора использовался источник напряжения переменной полярности до 55 кВ. Выходная энергия лазера измерялась пироэлектрическим приемником чувствительностью 1 В/мДж.

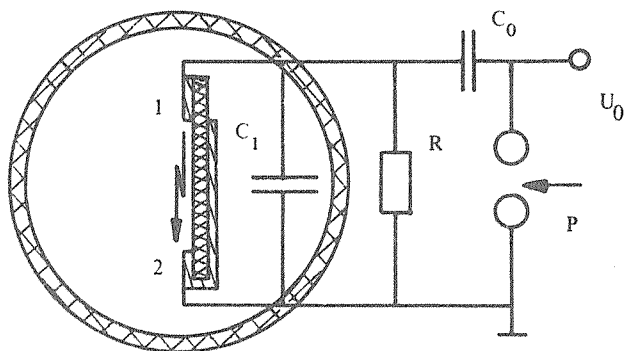


Рис. 1. Электрическая схема формирования скользящего разряда: C_0 — накопительная емкость 15 нФ, C_1 — обостряющая емкость 2,5 нФ, R — зарядное сопротивление 3 кОм, P — искровой разрядник; 1 — инициирующий, 2 — основной электроды скользящего разряда.

В работе /5/ при добавлении гелия к азоту наблюдалось увеличение пиковой мощности выходного излучения азотного лазера. В /6/ отмечалось, что добавка гелия расширяет область давлений, где существует генерация, но не приводит к увеличению энергии лазера. В данной работе влияние добавок гелия на работу азотного лазера исследовалось в режиме суперлюминесценции, когда скользящий разряд возбуждался по поверхности сапфировой пластины толщиной 1 мм. Эксперименты показали, что в чистом азоте максимальная энергия в режиме суперлюминесценции достигается в диапазоне давлений 18 — 20 торр. Добавление гелия расширяло диапазон рабочих давлений до 1 атм.

Для выяснения влияния добавок гелия на уровень энергии суперлюминесценции азотного лазера, возбуждаемого скользящим разрядом по поверхности диэлектрика, проведены исследования в азоте (18 торр) и смеси азота с гелием (18 + 18 торр) при различных полярностях питающего импульса напряжения. В чистом азоте (18 торр) энергия суперлюминесценции лазера для обеих полярностей отличается примерно в два раза. Энергия больше, когда электрод 2 скользящего разряда является катодом, т.е. на иницирующий электрод 1 подается положительный импульс напряжения. Если электрод 2 является анодом, то добавка гелия к азоту (18 + 18 торр) не изменяет уровень энергии суперлюминесценции лазера по сравнению с чистым азотом. При смене полярности импульса питания (электрод 2 — катод лазера) наблюдалось увеличение энергии суперлюминесценции на 15%. В этом варианте в режиме генерации лазера (оптический резонатор образован плоским алюминиевым зеркалом и плоскопараллельной кварцевой пластиной) добавка гелия приводила к увеличению выходной энергии на 25–30%. Импульсная мощность излучения достигала 300 кВт.

Исследования зависимости энергии генерации лазера от величины разрядного промежутка проводились для трех зазоров: 44, 22 и 11 мм. В качестве диэлектрической подложки использовался сапфир толщиной 2 мм, длина разряда составляла 750 мм. Вкладываемая в разряд энергия поддерживалась на одном уровне. В области оптимальных давлений (18 — 20 торр азота) выходная энергия генерации в пределах точности измерений увеличивалась пропорционально площади плазменного листа. Таким образом, можно ожидать улучшения выходных характеристик лазера при увеличении разрядного промежутка без изменения условий возбуждения.

Исследования зависимости выходной энергии лазера от материала диэлектрической подложки проводились на сапфире толщиной 2 мм и стеклотекстолите такой же толщины. В обоих случаях скользящий разряд имел размеры 750 x 44 мм². В случае сапфировой подложки выходная энергия была больше на 20 — 25% только в диапазоне давлений азота 12 — 25 торр. В диапазоне давлений 25 — 200 торр в пределах точности измерений влияния материала подложки на выходную энергию не обнаружено.

Проведенные исследования азотного УФ лазера, возбуждаемого скользящим по поверхности диэлектрика разрядом, показали существенное влияние полярности импульса напряжения на процесс генерации излучения. В смесях азота с гелием роль гелия в разряде зависит от условий возбуждения лазера. Использование сапфировой подложки привело к увеличению выходной энергии лазера по сравнению со стеклотекстолитом только при низких давлениях азота. Выходная энергия лазера пропорциональна площади, занимаемой плазмой скользящего разряда, при сохранении уровня общей энергии, вкладываемой в разряд, что позволяет надеяться на существенное увеличение эффективности лазера при увеличении его размеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Heard H. G. Nature, 200, 667 (1963).
2. Дашук П. Н., Кулаков С. Л. Письма в ЖТФ, 7, 1307 (1981).
3. Брэнзалов П. П. и др. Письма в ЖТФ, 14, 946 (1988).
4. Брэнзалов П. П. и др. Квантовая электроника, 15, № 10 (1988).
5. Brito Cruz C. H. et al. Appl. Phys., B-35, 131 (1984).
6. Асиновский Э. И. и др. Журн. прикл. спект., 42, 131 (1985).