

**С.Б. Алексеев, В.М. Орловский**

## **АЗОТНЫЙ МИНИ-ЛАЗЕР АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ**

Сообщается о конструкции и исследовании азотного мини-лазера в диапазоне давлений (0,25 – 1,5) атм с УФ-предыонизацией разряда. Приводятся данные о влиянии He, O<sub>2</sub> и SF<sub>6</sub> на энергетические и частотные характеристики лазеров. Получены при атмосферном давлении пиковая мощность 240 кВт, длительность импульса излучения 0,9 нс при частоте следования импульсов 1 – 25 Гц.

Для целого ряда применений в диагностике, микроэлектронике, для накачки лазеров на органических красителях необходимы источники когерентного УФ-излучения с высокой пиковой мощностью.

Известны работы по созданию и исследованию азотных лазеров низкого [1, 2] и атмосферного давления [3]. В настоящей статье сообщается об исследовании характеристик азотного мини-лазера с УФ-предыонизацией в диапазоне давлений 0,25 – 1,5 атм и приводятся данные о влиянии He, O<sub>2</sub> и SF<sub>6</sub> на энергетические и частотные характеристики таких лазеров.

Азотный мини-лазер создан на основе мини-CO<sub>2</sub>-лазера ЛМИ-3 и конструктивно выполнен в виде двух блоков – блока излучателя и блока питания. Излучатель выполнен в виде кюветы с боковой крышкой. По торцам кюветы расположены выходные окна, на которых крепится резонатор, образованный зеркалом радиусом 5 м с алюминиевым покрытием и кварцевой пластиной. Пластина из кварца имела многослойное покрытие с отражением для 337,1 нм 53%. Излучатель включает в себя также электродную систему и систему предыонизации. Лазерный объем 0,4 (0,28) × 0,4 × 14 см образовывался двумя специально профилированными электродами из дюралюминия. Электродная система вспомогательного разряда образовывалась катодом основного промежутка и торцами пластин из стеклотекстолита с нанесенными на них полосами из металла. Пластины располагались по обе стороны от катода. Каждый вспомогательный разряд имел свой индивидуальный конденсатор емкостью 33 пФ.

Специфика применения вспомогательных разрядов в малогабаритных лазерах заключается в том, что, кроме обеспечения высокого уровня предварительной ионизации рабочей среды, они должны по возможности производить наименьшее разложение газовой смеси. В данной системе предыонизации эта задача решена перераспределением большого импульса тока, протекающего через дуговой канал, на несколько параллельных каналов, отстоящих друг от друга на небольшом расстоянии. В этом случае газовая температура уменьшается и снижается скорость деградации лазерной смеси.

Параметры импульсного объемного самостоятельного разряда обусловлены в первую очередь интенсивностью и однородностью предварительной ионизации активной среды, а также параметрами высоковольтного импульса, подаваемого на промежуток. Высоковольтный импульс формировался по схеме удвоения напряжения (схема Блюмлейна). В качестве сильноточного коммутатора использовался разрядник РУ-62. В накопительной батарее использовались конденсаторы КВН-3 емкостью 2200 пФ (6 штук). Энергетические и временные характеристики излучения фиксировались с помощью калориметра ИМО-2Н, фотоэлемента ФЭК-22 СП4 и скоростного осциллографа С7-19.

Система возбуждения позволяла формировать объемный самостоятельный разряд в диапазоне давлений 0,25 – 1,5 атм. Во всем исследуемом диапазоне давлений генерация существовала на 2<sup>+</sup> системе N<sub>2</sub> с длиной волны 337,1 нм. Оптимизация параметров лазера в зависимости от давления производилась для зарядного напряжения 10 кВ. При этом смеси добавлялось столько, чтобы суммарное давление всякий раз составляло 1 атм. Зависимость энергии излучения от давления

смесей  $N_2$  и  $N_2 + He$  для зазора газоразрядного промежутка 0,28 и 0,4 мм приведена на рис. 1, *а*. Характер кривых при изменении зазора идентичен, происходит лишь смещение максимума излучения в силу изменения  $E/p$  ( $E$  – напряженность поля,  $p$  – давление).

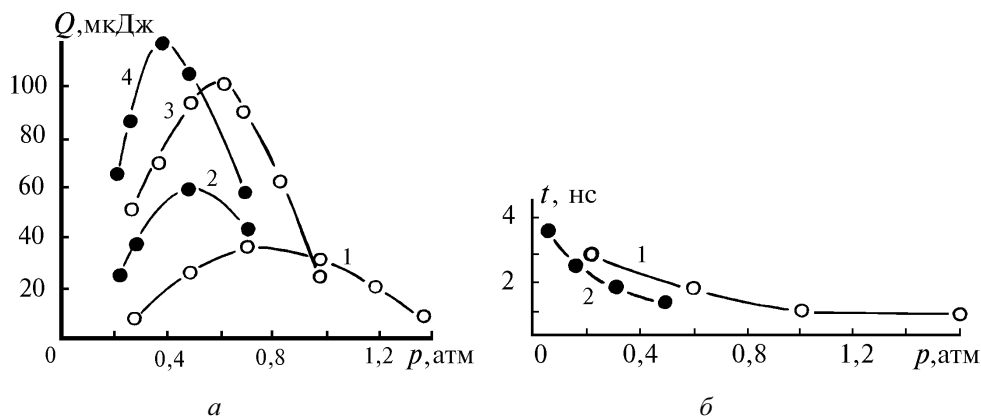


Рис. 1. Зависимость энергии излучения от давления для  $N_2$  – кривые 1 и 3, для  $N_2 + He$  – кривые 2 и 4, при зазоре газового промежутка 0,28 см – кривые 1 и 2 и 0,4 см – кривые 3 и 4 (*а*); зависимость времени излучения на полувысоте от давления для  $N_2$  – кривая 1 и  $N_2 + He$  – кривая 2 (*б*)

На рис. 1, *б* представлены зависимости временных характеристик излучения от давления  $N_2$ . Видно, что с увеличением давления  $p$  длительность уменьшается. Минимальная полученная длительность на полувысоте составляла 0,8 нс.

Рассмотрим зависимость энергетических характеристик  $N_2$ -лазера от концентрации  $O_2$ . Следует отметить, что конструктивно в азотном мини-лазере используются материалы, которые под действием УФ-излучения (излучение подсветки, высокие  $E/p$ ) способны выделять  $O_2$ , и баланс его в газовом объеме существенно влияет на параметры лазера и в первую очередь на устойчивость разряда. Эксперименты показали, что добавка кислорода более чем 2–3% приводит к формированию искры в разряде и излучение отсутствует полностью при дальнейшем увеличении концентрации  $O_2$ .

Рассмотрим характеристики мини-лазера в режиме многократного повторения импульсов. На рис. 2 приведены зависимости средней мощности излучения  $W$  от числа включений лазера и для зазоров 0,28 и 0,4 см при частоте повторения включений 10 Гц. Видно, что для  $N_2$  имеется спад мощности от числа включений. Добавка He приводит к увеличению мощности и ее стабилизации. Это обусловлено более устойчивым объемным разрядом и увеличением параметра  $E/p$  во время накачки.

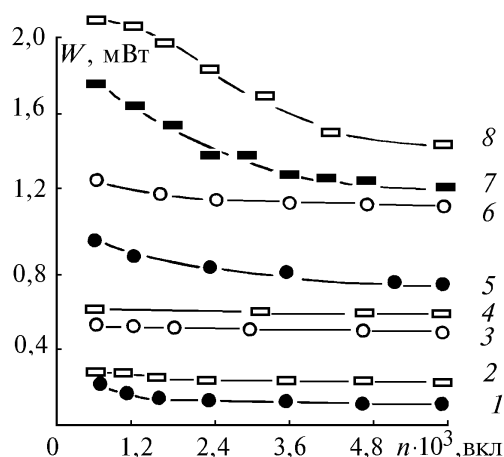


Рис. 2. Зависимость мощности излучения от числа включений для смесей: 0,5  $N_2$  – кривые 1 и 5; 0,5  $N_2 + 1\% SF_6$  – кривые 2 и 6; 0,5  $N_2 + 0,5 He$  – кривые 3 и 7; 0,5  $N_2 + 0,5 He + 1\% SF_6$  – кривые 4 и 8, при зазорах газового промежутка 0,28 см – кривые 1 – 4 и 0,4 см – кривые 5 – 8

Увеличение энергии и длительности импульса излучения азотного лазера при добавке SF<sub>6</sub> известно. Представляют интерес исследования влияния малых добавок SF<sub>6</sub> (~ 1%). В этом случае, как видно из рис. 2, добавка электроотрицательного газа SF<sub>6</sub> к N<sub>2</sub> при полях  $E$ , равных 60 кВ/см ( $d = 0,28$  см), не приводит к существенному увеличению энергии излучения, т. к. и без этой добавки энергия электронов достаточна для накачки верхнего лазерного уровня, однако наблюдается стабилизация разряда, и средняя мощность излучения от числа включений изменяется не более чем на 5–7%. Ситуация меняется при изменении поля до 42,5 кВ/см ( $d = 0,4$  см). В этом случае мы имеем существенный рост мощности и ее изменение от числа включений до 33%. Аналогичные результаты получены и при добавке SF<sub>6</sub> к смеси N<sub>2</sub> + He.

В оптимальном режиме для азотного мини-лазера получена длительность на полувысоте 0,9 нс, энергия 0,22 мДж, частота повторения 25 Гц.

1. Тарасенко В.Ф., Федоров А.И., Бычков И.И. // Квантовая электроника. 1974. Т. 1. N5. С. 131–132.
2. Бон Хе Сак, Лященко В.И., Соднотын Э. и др. // ПТЭ 1988. N 5. С. 155 – 158.
3. Сонин А.Ю. // Квантовая электроника. 1994. Т. 21. N 3. С. 213 – 215.

Институт сильноточной электроники СО РАН,  
г. Томск

Поступила в редакцию  
17 мая 1995 г.

**S. B. Alekseev, V. M. Orlovskii. Nitrogen Mini-laser, of Atmosphere Pressure.**

A design and performance of nitrogen mini-laser ( $\lambda = 337,1$  nm) with UV preionization gas mixture pressure (0,25–1,5) at are reported. Data on influence of He, O<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> on laser parameters are presented. Under optimal atmospheric conditions the pulse power of 240 Kw, and the radiations pulse duration of 0,9 ns at the repetition rate from 1 to 25 Hz have been obtained.