

А.И. Федоров

ВЛИЯНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОННОЙ ПРЕДЫОНИЗАЦИИ И БУФЕРНЫХ ГАЗОВ НА ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ХеСІ-ЛАЗЕРА

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 2.09.99 г.

Приведены результаты исследования генерации на молекулах ХеСІ и N_2 , накачка которых осуществлялась за счет симметричного генератора Блюмляйна с автоматической коронной предыонизацией. Показано существенное влияние величины интенсивности предыонизатора и буферных газов аргона или неона на параметры излучения ХеСІ-лазера, возбуждаемого быстрым разрядом. Для аргона получены удельные энергии излучения порядка $0,4 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{атм}^{-1}$, которые в 2 раза выше по сравнению с неоном независимо от интенсивности предыонизатора. Определены области оптимальных энерговыделений для неона от 10 до $25 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{атм}^{-1}$ и для аргона от 45 до $100 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{атм}^{-1}$ в исследуемой схеме накачки.

В работе [1] были проведены исследования особенностей горения самостоятельных разрядов с автоматической коронной предыонизацией в смесях Хе:ССІ₄ с буферными газами Не и Аг. Были получены объемные разряды в аргоновых смесях до давления 2 атм с удельными энерговыкладами до $300 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{атм}^{-1}$, а для гелиевых смесей до давления 4 атм с удельными энерговыкладами до $200 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{атм}^{-1}$ [2]. В большинстве случаев исследователи используют в качестве буферного газа неон, который обеспечивает более высокую энергию излучения по сравнению с аргоном. Считается, что неон более благоприятно влияет как на разрядные, так и на кинетические процессы образования рабочих молекул. При разработке лазерных систем с большими апертурами и энергиями излучения возникают проблемы, связанные с высоким рабочим давлением и напряжением, которые необходимы для эффективной работы этих систем. Кроме того, неон – самый дорогой буферный газ, поэтому предпочтительнее аргон, которому посвящено малое количество публикаций. Нами были проведены исследования влияния автоматической коронной предыонизации на стабилизацию разряда и параметры излучения ХеСІ-лазера при накачке от двухконтурных источников питания, обеспечивающих длинные импульсы генерации [3].

В данной статье представлены результаты исследования влияния коронной предыонизации на параметры излучения ХеСІ-лазера с буферными газами аргоном и неоном при накачке быстрым разрядом.

На рис. 1 приведена электрическая схема накачки лазера «ЭКСИК-2» и конструктивные особенности коронного источника предыонизации. Накачка осуществлялась от симметричной схемы Блюмляйна, собранной на полосковых линиях из керамических конденсаторов КВИ-3. Суммарные емкости линий соответствовали $C_1 = C_3 = 15,4 \text{ нФ}$ и $C_2 = C_4 = 10,5 \text{ нФ}$. В качестве коммутатора использовался управляемый разрядник РУ-62, который обеспечивал максимальное зарядное напряжение 13 кВ и частоту следования импульсов до 3 Гц. Длина электродов равнялась 25 см, высота межэлектродного промежутка 1,5 см и ширина разряда 1,2 см. Активный же лазерный объем соответствовал $1,4 \times 0,7 \times 25 \text{ см}$. Автоматическая коронная предыонизация осуществлялась за счет вспомогательного цилиндрического электрода *I*, расположенного за сетчатым катодом *3*, соединенным с анодом *4*, и ограниченного кварцевой трубкой *2*.

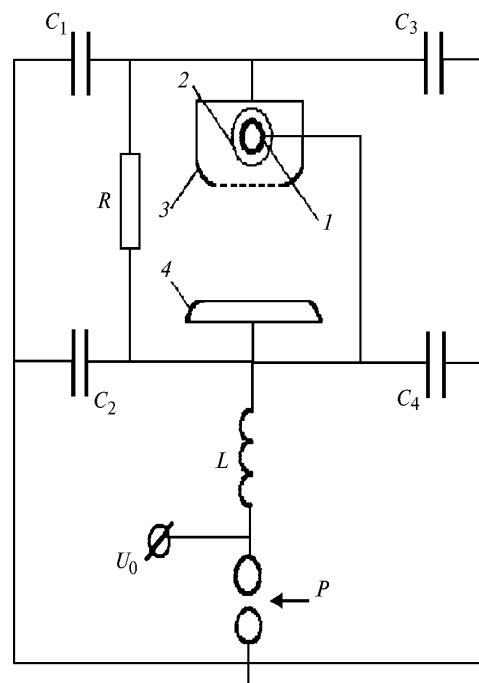


Рис. 1. Электрическая схема лазера «ЭКСИК-2»: *L* – индуктивность перезарядки; *P* – управляемый коммутатор

Исследовались кварцевые трубки с внешним диаметром 11 мм, у которых изменялась толщина стенок от 1,4 до 2,8 мм. Изменение емкости предыонизатора позволяло регулировать его интенсивность при одинаковых начальных условиях возбуждения активной среды с буферными газами аргоном и неоном. В качестве резонатора применялись диэлектрические зеркала. Коэффициент отражения выходного зеркала *R* можно было изменять от 10 до 35%. Энергия излучения измерялась калориметром ИМО-2Н. Форма импульса генерации регистрировалась на осциллографе С8-2 с помощью фотоприемника ФЭК-22СПУМ.

Для данной схемы питания, т.е. быстрого режима накачки «лавиным разрядом», была проведена оптимизация концентрации и соотношения газовых компонент. Независимо от буферного газа максимальные параметры излуче-

ния наблюдались для оптимального соотношения Хе:НСl = 5:1 с высокой концентрацией НСl = 4 торр. Кроме того, энергия излучения зависела от добротности резонатора. На рис. 2 приведены зависимости энергии излучения Q для неоновых смесей при давлении 3,5 атм от коэффициента отражения выходного зеркала и зарядного напряжения. Оптимальный коэффициент отражения выходного зеркала соответствовал 20%. Данный резонатор использовался в последующих экспериментах. Длительность импульсов генерации на полувысоте соответствовала 7 нс и по основанию 15 нс.

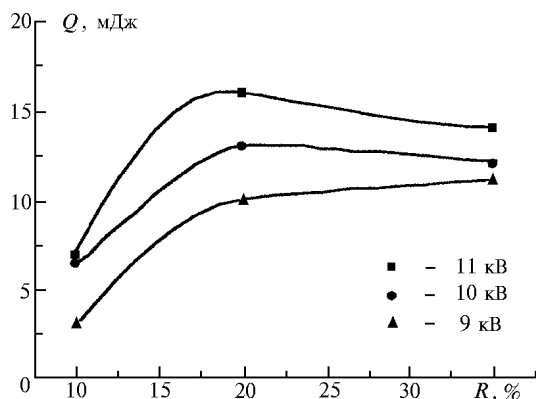


Рис. 2. Зависимости энергии излучения для смеси (Ne) Хе:НСl = 5:1 (4 торр) при давлении 3,5 атм от коэффициента отражения выходного зеркала и зарядного напряжения

Были проведены эксперименты по изучению влияния величины интенсивности источника предыонизации на параметры излучения ХеСl-лазера. На рис. 3 представлены зависимости энергии излучения для оптимальной смеси Хе:НСl = 5:1 (4 торр) с буферными газами аргоном и неоном от зарядного напряжения, рабочего давления и разной интенсивности предыонизатора: кривая 1 – $W_{уф}$; 2 – $2W_{уф}$, где $W_{уф}$ – условная энергия, затрачиваемая на предыонизатор.

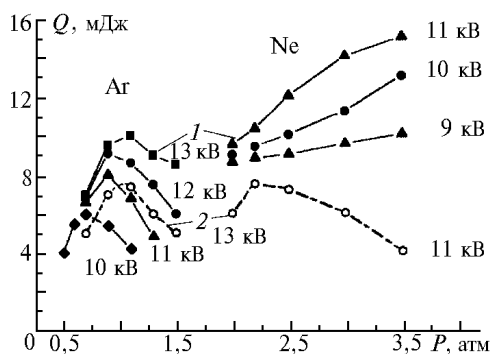


Рис. 3. Типичные зависимости энергии излучения для смеси Хе:НСl = 5:1 (4 торр) с буферными газами от рабочего давления, зарядного напряжения и от интенсивности предыонизатора

Для предыонизатора 1 в аргоновых смесях с ростом давления и зарядного напряжения возрастала энергия излучения и достигала 10 мДж. Это связано с тем, что с ростом зарядного напряжения увеличивалось напряжение пробоя, т.е. энергия, вкладываемая в разряд, что расширяло область рабочих давлений до 1,5 атм. Опти-

мальное давление для аргона соответствовало порядка 1 атм. Область рабочих давлений для неоновых смесей изменялась от 2 до 3,5 атм. Нижняя граница определялась низким пробивным напряжением неона, а верхняя конструктивными ограничениями лазерной камеры. Для неоновых смесей наблюдалась слабая зависимость энергии излучения от зарядного напряжения $U_0 \leq 11$ кВ, для которого требовалось более высокое рабочее давление. Максимальная энергия излучения 15 мДж была получена при давлении 3,5 атм и $U_0 = 11$ кВ.

Для предыонизатора 2 регистрировались одинаковая максимальная энергия излучения 7 мДж как в аргоновых, так и в неоновых смесях. В аргоне ее получали при $U_0 = 13$ кВ и давлении 1 атм, а в неоне при $U_0 = 11$ кВ и оптимальном давлении 2,25 атм. При этом энергия излучения падала с ростом давления. Следовательно, увеличение в два раза интенсивности автоматического коронного предыонизатора для режима быстрой накачки приводило к уменьшению энергии излучения для аргоновых смесей на 30%, а для неоновых на 50%, что связано как с уменьшением времени и амплитуды нарастания пробивного напряжения, так и с ростом фотоионизационных процессов в этих средах [2, 4]. Влияние предыонизатора на буферные газы представлено на рис. 4.

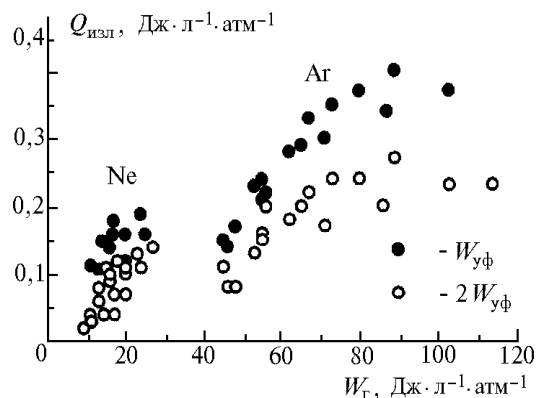


Рис. 4. Зависимости удельной энергии излучения $Q_{изл}$ от удельного энерговклада $W_г$ и величины интенсивности предыонизатора для аргоновых и неоновых смесей

При этом считалось, что лишь 50% энергии вкладывалось в разряд от запасаемой энергии в емкостях. Для неона область удельных энерговкладов соответствовала от 10 до 25 Дж·л⁻¹·атм⁻¹ при максимальной удельной энергии излучения 0,2 Дж·л⁻¹·атм⁻¹, которая практически в два раза выше для менее интенсивного предыонизатора. Аналогичные зависимости наблюдались для аргона, но при более высоких энерговкладах – от 45 до 100 Дж·л⁻¹·атм⁻¹. При этом удельная энергия излучения для аргона была максимальной – 0,4 Дж·л⁻¹·атм⁻¹. Отметим, что удельные энергии излучения для аргона практически в два раза превышают параметры неона независимо от интенсивности источника предыонизации. Этот факт свидетельствует о большем влиянии фотоионизационных процессов на аргоновые смеси по сравнению с неоновыми. Следовательно, для создания более надежного и экономичного лазера с высокими удельными параметрами излучения желательно использовать буферный газ аргон [5–7].

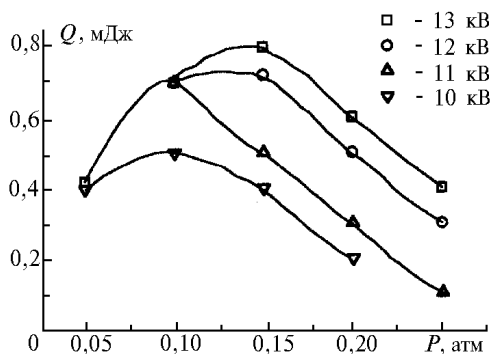


Рис. 5

Кроме того, с помощью данного лазера были проведены исследования параметров излучения на молекулярном азоте. На рис. 5 приведены типичные зависимости энергии излучения азотного лазера от рабочего давления и зарядного напряжения. Максимальная энергия 0,8 мДж наблюдалась при давлении 0,15 атм и $U_0 = 13$ кВ. Длительность импульса генерации на полувысоте соответствовала 5 нс. Можно отметить, что для данной системы накачки реализуются высокие энергетические параметры излучения на азоте, которые на поряд-

док меньше, чем для ХеСl-лазера. Обычно в эксимерных лазерах энергетика излучения на азоте намного ниже.

В заключение отметим, что применение автоматической коронной предыонизации, ограниченной сетчатым катодом, для быстрого режима накачки ХеСl-лазера позволяет получать более высокую удельную энергию излучения для аргоновых смесей $0,4 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{атм}^{-1}$, которая в 2 раза выше, чем для неоновых, независимо от интенсивности источника предыонизации. Эти результаты позволяют надеяться на дальнейшую перспективность использования аргона для создания компактных и высокоэнергетических лазеров.

1. Костин М.Н., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И. // ЖТФ. 1980. Т. 50. Вып. 6. С. 1227–1230.
2. Федоров А.И. Эксимерные лазеры на молекулах ХеСl и ХеF, возбуждаемые самостоятельным разрядом: Автореф. канд. дис. Томск, 1982. 17 с.
3. Федоров А.И. // ЖТФ. 1999. (в печати).
4. Баранов В.Ю., Борисов В.М., Степанов Ю.Ю. Электроразрядные эксимерные лазеры на галогенидах инертных газов // М.: Энергоатомиздат, 1988. 216 с.
5. Федоров А.И., Тарасенко В.Ф., Бычков Ю.И. // Письма в ЖТФ. 1978. Т. 4. Вып. 3. С. 132–135.
6. Sze R.C. // J. Appl. Phys. 1979. V. 50. N 7. P. 4596–4598.
7. Steyer M. and Voges H. // Appl. Phys. 1987. B 42. P. 155–160.

A.I. Fedorov. The Effect of Automatic Corona Preionization and Buffer Gases on XeCl-laser Radiation Parameters.

The paper describes the results of investigation of ХеСl and N_2 molecular generation pumped with symmetric Blumlein generator with automatic corona preionization. An essential effect of the magnitude of the preionizer intensity and the argon and neon buffer gases on ХеСl-laser radiation parameters excited by a fast discharge is shown. For argon the radiation specific powers of the order of $0,4 \text{ J}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ have been obtained, which are twice as large as neon powers independent of the preionizer intensity. The regions of optimal energy contribution were determined for neon from 10 to $25 \text{ J}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ and for argon from 45 to $100 \text{ J}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ in the pumping scheme under study.