

02:04:07:12

## Образование молекул $\text{ArCl}(\text{B})$ в поперечном объемном разряде

© А.К. Шуайбов, Л.Л. Шимон, А.И. Дащенко,  
Ю.Ю. Неймет, И.В. Шевера

Ужгородский государственный университет

Поступило в Редакцию 6 ноября 1998 г.

Представлены результаты оптимизации излучателя на  $\lambda = 175 \text{ nm}$   $\text{ArCl}$  (В–Х) с накачкой поперечным объемным разрядом. Исследовалось образование молекул  $\text{ArCl}$  (В) в плазме на смесях инертных газов с молекулами  $\text{HCl}$  и  $\text{Cl}_2$ . Показано, что более эффективным хлорносителем является молекула  $\text{Cl}_2$ , а буферным газом — неон при давлении  $\geq 50 \text{ kPa}$ .

Электроразрядные лазеры и лампы на галогенидах инертных газов находят широкое применение в микроэлектронике, фотохимии, медицине и других областях науки и техники [1,2]. Излучатели на В–Х переходе  $\text{ArCl}$  характеризуются одной из наименее коротких длин волн —  $175 \text{ nm}$  и являются в настоящее время малоизученными. О лазерной генерации на  $\text{ArCl}$  (В–Х) сообщалось в [3], но ее выходные характеристики значительно уступали излучателям с близкой длиной волны генерации  $\lambda = 193 \text{ nm}$   $\text{ArF}$  [4]. Это обусловлено в основном малостью величины сечения стимулированного излучения на  $\lambda = 175 \text{ nm}$   $\text{ArCl}$ . Поэтому предпочтительным является применение  $\text{ArCl}$  (В–Х) в источниках спонтанного ВУФ-излучения с длительностью импульсов  $\leq 100\text{--}200 \text{ ns}$ . В ВУФ-области спектра (в пределах пропускания излучения окнами  $\lambda\lambda = 110\text{--}190 \text{ nm}$ ) разработан ряд импульсных источников ВУФ-излучения с накачкой поперечным разрядом [5–7]:  $126 \text{ nm}$   $\text{Ar}_2^*$ ,  $146 \text{ nm}$   $\text{Kr}_2^*$  и  $172 \text{ nm}$   $\text{Xe}_2^*$ . Такие источники требуют применения дорогостоящих тяжелых инертных газов. Возможности же разработки простых ВУФ-излучателей среднего давления на  $\lambda = 175 \text{ nm}$   $\text{ArCl}$  не исследовались.

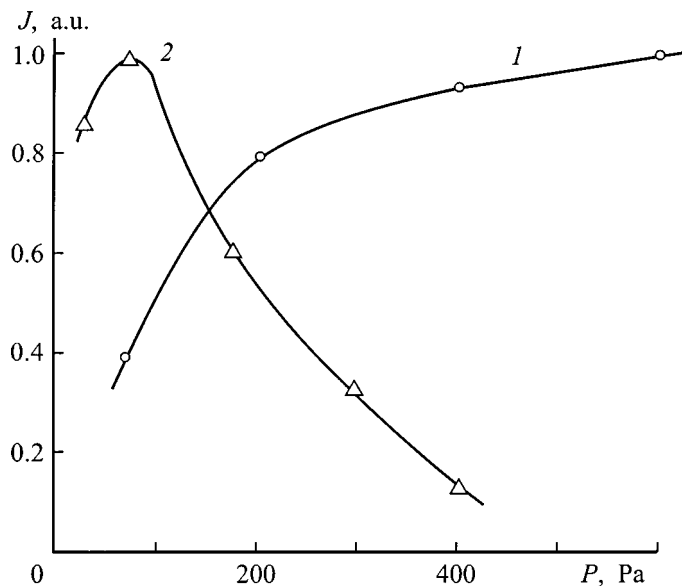
В настоящей работе приводятся результаты оптимизации рабочей среды электроразрядного ВУФ-излучателя на основе смесей  $\text{He}(\text{Ne})/\text{Ar}/\text{Cl}_2(\text{HCl})$ .

Поперечный объемный разряд (ПОР) зажигался в системе электродов длиной 18 см. Межелектродное расстояние составляло 2.2 см, а ширина разрядной области находилась в пределах (0.5–0.7) см. Использовалась искровая автоматическая предьонизация, аналогично применявшейся в [8]. ПОР зажигался при помощи LC-схемы с накопительной емкостью 30 нФ и обострительной — 9.4 нФ. Коммутатором в системе импульсного питания служил тиратрон ТГИИ 1000/25. Регистрация излучения проводилась при помощи полметрового вакуумного монохроматора, изготовленного по схеме Сейя–Намиока. Применялась дифракционная решетка на 1200 lines/mm. Излучатель соединялся монохроматором через окно из CaF<sub>2</sub>. Приемником излучения служил фотоумножитель ФЭУ-142 с окном из LiF. Монохроматор и отсек для ФЭУ-142 откачивались до высокого вакуума. В излучателе предусмотрена установка бокового окна апертурой 18 × 1.8 см для накачки ВУФ-излучением протяженных сред. Спектроскопическое исследование плазмы проводилось в области 130–300 нм.

В спектрах излучения ПОР на смесях инертных газов с молекулами HCl и Cl<sub>2</sub> наиболее интенсивным было излучение на 175 нм ArCl (B–X) и 258 нм Cl<sub>2</sub><sup>\*</sup>. Наблюдалась также слабая широкая полоса с максимумом при 199 нм, принадлежащая C–A переходу ArCl [9]. В ПОР на смесях инертных газов с молекулами Cl<sub>2</sub> полоса 258 нм была в 2–3 раза ярче, чем в соответствующих средах на основе HCl.

На рис. 1 приведена зависимость яркости излучения ArCl (B–X) от содержания молекул HCl в ПОР на смеси He/Ar/HCl. Оптимальное содержание HCl — 80 Па, что значительно ниже, чем для излучателей на 308 нм XeCl и 222 нм KrCl ( $P_{opt} = 300–400$  Па). Замена молекул HCl на Cl<sub>2</sub> приводит к увеличению яркости излучения ArCl (B–X), а оптимальное содержание Cl<sub>2</sub> находится в пределах 300–400 Па. Такое различие в эффективности образования ArCl(B) может быть связано с поглощением ВУФ-излучения молекулами HCl. Эксперименты проводились при зарядных напряжениях ≤ 15 кВ.

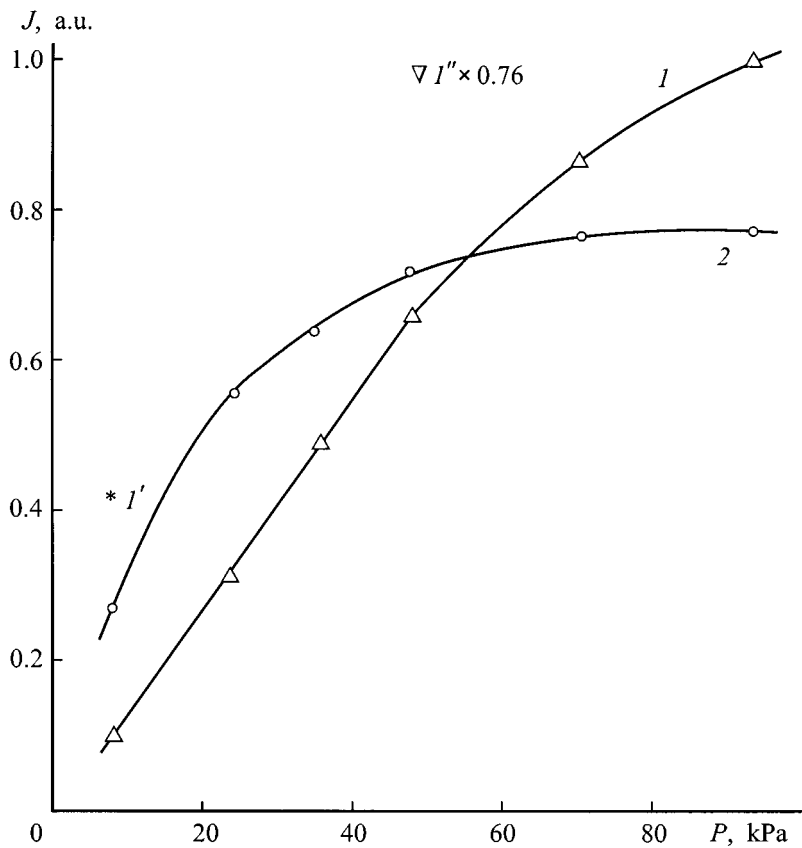
На рис. 2 представлены зависимости яркости излучения ArCl (B–X) от давления буферных газов, приведены сравнительные данные по яркости ArCl в смеси с Cl<sub>2</sub> и при увеличенном содержании атомов Ar в газовой смеси. При давлениях смесей ≤ 50 кПа более эффективным является буферный газ — He, а при больших давлениях — Ne. Оптимальное содержание аргона в рабочих смесях ≥ 16 кПа. Применение молекул Cl<sub>2</sub> в ПОР на смеси Ne/Ar/Cl<sub>2</sub> пониженного давления позволяет увеличить



**Рис. 1.** Зависимость яркости излучения полосы  $\lambda = 175$  nm  $\text{ArCl}(B-X)$  от содержания молекул  $\text{HCl}$  в поперечном разряде на смеси  $\text{He}/\text{Ar}/\text{HCl}=48/8/[\text{HCl}]$  (1) и  $\text{Cl}_2$  в смеси  $\text{Ar}/\text{Cl}_2$  (2) при  $[\text{Ar}]=5.3$  кПа. (Кривые 1 и 2 нормированы каждая на свое максимальное значение).

яркость излучения  $\text{ArCl}(B-X)$  более чем в четыре раза по сравнению с соответствующей средой на основе  $\text{HCl}$ . Для яркости полосы излучения с  $\lambda = 258$  nm  $\text{Cl}_2^*$  в ПОР на смесях  $\text{He}(\text{Ne})/\text{Ar}/\text{HCl}$  характерна такая же зависимость от содержания буферных газов, как и для полосы  $\text{ArCl}(B-X)$ . Яркость излучения на  $\lambda = 258$  nm  $\text{Cl}_2^*$  на порядок выше в ПОР на смеси  $\text{Ne}/\text{Ar}/\text{Cl}_2$ , чем в аналогичной смеси на основе  $\text{HCl}$ . Исследования ресурса излучения  $\text{ArCl}(B-X)$  показали, что яркость излучения полосы 175 nm  $\text{ArCl}$  в ПОР на смеси  $\text{Ne}/\text{Ar}/\text{HCl}=48/16/0.08$  кПа уменьшалась в четыре раза за  $10^4$  разрядных импульсов.

Таким образом, оптимизация состава электроразрядного излучателя на 175 nm  $\text{ArCl}(B-X)$  показала, что наиболее оптимальным является применение молекул  $\text{Cl}_2$  в качестве хлорносителя при давлении



**Рис. 2.** Зависимость яркости излучения на  $\lambda = 175 \text{ nm}$  ArCl (B-X) от содержания Ne (1) и He (2) в разряде на смесях  $\text{Ne}(\text{He})/\text{Ar}/\text{HCl} = [\text{Ne}(\text{He})]/8/0.8 \text{ kPa}$  и яркость излучения ArCl (B-X) в смесях:  $I'$  —  $\text{Ne}/\text{Ar}/\text{Cl}_2 = 8/8/0.226$ ;  $I''$  —  $\text{Ne}/\text{Ar}/\text{HCl} = 48/16/0.08 \text{ kPa}$ .

300–400 Pa; при давлениях рабочих смесей  $\leq 50 \text{ kPa}$  более эффективно было применение в качестве буферного газа He, а при больших давлениях — Ne; данный разряд является также и источником излучения на  $\lambda = 258 \text{ nm}$   $\text{Cl}_2^*$ , для которой оптимальные среды близки к соответствующим средам ArCl-излучателей.

## Список литературы

- [1] *Bendig J.* // J. Inf. Rec. Mater. 1987. V. 15. N 6. P. 385–394.
- [2] *Баранов В.Ю., Борисов В.М., Степанов Ю.Ю.* // Электроразрядные эксимерные лазеры на галогенидах инертных газов. М. Энергоатомиздат, 1988. 216 с.
- [3] *Вэйнант Р.* // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 8. С. 1767–1770.
- [4] *Ванг Ч.П.* // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 8. С. 1771–1774.
- [5] *Sakurai T., Goto N., Webb C.E.* // J. Phys. D: Appl. Phys. 1987. V. 20. P. 709–713.
- [6] *Кузнецов А.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А.* // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. В. 5. С. 1–5.
- [7] *Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А., Кузнецов А.А.* // ЖТФ. Т. 64. В. 10. С. 146–150.
- [8] *Шуаибов А.К.* // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 1. С. 85–90.
- [9] *Hutchinson M.H.R.* // Appl. Phys. 1980. V. 21. P. 95–114.