УДК 537.527.9; 537.53

Д.А. СОРОКИН, М.И. ЛОМАЕВ, В.Ф. ТАРАСЕНКО

ВАКУУМНОЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ Ar–Xe И He–Xe ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ НАНОСЕКУНДНЫМ РАЗРЯДОМ В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ[1]

При возбуждении высоковольтным наносекундным разрядом в резко неоднородном электрическом поле смесей аргона и гелия с малыми добавками ксенона исследовано излучение плазмы в спектральном диапазоне 145–150 нм. Для различных частей спектра излучения смесей Ar–Xe и He–Xe проведены оценки величин коэффициентов поглощения в ксеноне. Зарегистрирован временной ход импульсов излучения.

Ключевые слова: *высоковольтный наносекундный разряд в резко неоднородном электрическом поле, ВУФ-излучение, гомо- и гетероядерный димер, аппаратная функция, нормальная ширина щели.*

Ранее в работах [1–4] было показано, что возбуждение криптона с малыми добавками ксенона электрическим разрядом приводит к увеличению интенсивности излучения в области резонансной линии ксенона (λ = 146,96 нм), которое было отнесено к электронно-колебательному переходу между слабосвязанными возбужденными 1, 0^+ и основным 0_g^+ состояниями гетероядерной молекулы $KrXe^*$. Позже интенсивное излучение в области 147 нм [5] также было зарегистрировано при возбуждении криптона с добавками ксенона высоковольтным наносекундным разрядом в неоднородном электрическом поле, для которого характерны высокие удельные мощности возбуждения. В работе [5] экспериментально показано, что в данном случае газоразрядная плазма – среда со сравнительно высоким коэффициентом усиления, а узкополосное излучение – усиленное спонтанное. При этом генерация на указанных выше переходах маловероятна вследствие малой энергии диссоциации (~ 1100 см$^{-1}$), поэтому необходимо дальнейшее исследование характеристик излучения инертных газов с добавками ксенона.

Целью настоящей работы является исследование спектральных и амплитудно-временных характеристик излучения плазмы высоковольтного наносекундного разряда в аргоне и гелии при малых добавках ксенона.

Для проведения настоящей работы была создана экспериментальная установка, которая подробно описана в [6]. Электродами газового диода служили трубчатый катод и плоский анод. В качестве генератора импульсов напряжения использовался РАДАН-220. Регистрация спектров осуществлялась вакуумным монохроматором VM-502 (Acton Research Corp.), нормальная ширина щели которого составляла 30 мкм, а аппаратная функция при этом равнялась ~ 3 Å. Временной ход импульсов излучения регистрировался при помощи ФЭУ вакуумного монохроматора (EMI9781B) и цифрового осциллографа TDS3054B.

В работе высоковольтный разряд наносекундной длительности формировался в ксеноне, а также в смесях аргон – ксенон и гелий – ксенон. Давление смесей составляло 0,5 атм. Содержание ксенона в смесях варьировалась от 0,005 до 10 %. В экспериментах основное внимание уделялось исследованию спектров излучения плазмы в диапазоне 145–150 нм, где регистрируется излучение резонансной линии атома ксенона и гетероядерных димеров $ArXe^*$ и $HeXe^*$.

Спектры излучения в смесях Ar–Xe и He–Xe при различном содержании Xe приведены на рис. 1. Видно, что содержание ксенона заметно влияет на интенсивность и спектральный состав излучения.

Для двух явно выраженных участков спектра излучения (коротковолновая часть *А* и длинноволновая часть *Б*) смеси He–Xe (рис. 2, *а*) был зарегистрирован временной ход интенсивностей излучения. Осциллограммы импульсов излучения представлены на рис. 2, *б*. Согласно рис. 2, *б*, интенсивность излучения коротковолновой части спектра достигает максимума примерно на 300 нс позже, чем временной ход излучения длинноволновой части.

Для смеси Ar–Xe, при давлении смеси 0,5 атм и содержании Xe 0,1 %, был проведен эксперимент, показывающий влияние давления Xe в газовом фильтре (через который пропускалось излучение смеси), на различные части спектра излучения смеси. Результат приведен на рис. 2, *в*. Видно, что длинноволновая составляющая спектра поглощается сильнее, и при этом максималь-

[1] Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 10-08-00556а.

ное поглощение имеет место вблизи резонансной линии ксенона с длиной волны 146,96 нм, что объясняется наибольшим значением сечения поглощения в центре линии.

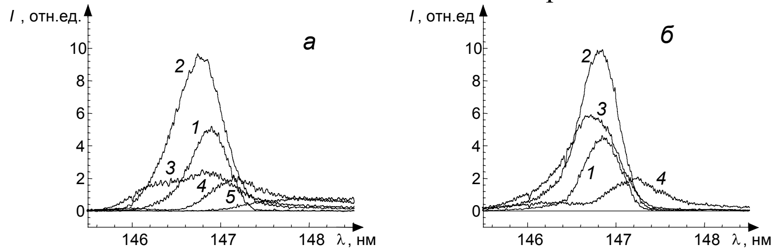

Рис. 1. Спектр излучения в смеси: *а* – Ar–Xe при концентрации ксенона 0,015 (кр. *1*), 0,05 (кр. *2*), 0,1 (кр. *3*), 0,3 (кр. *4*) и 10 % (кр. *5*); *б* – He–Xe при концентрации ксенона 0,005 (кр. *1*), 0,01 (кр. *2*), 0,1 (кр. *3*) и 1 % (кр. *4*). Ширина щели монохроматора 100 мкм

На основании полученных данных были проведены оценки коэффициента поглощения для различных частей спектра излучения смеси Ar–Xe. При давлении ксенона в газовом фильтре ~ 3,5 Торр его величина для длинноволновой части составила ~ $3{,}7\cdot10^{-2}$ см$^{-1}$, что оказалось в 3 раза больше, чем для коротковолновой составляющей.

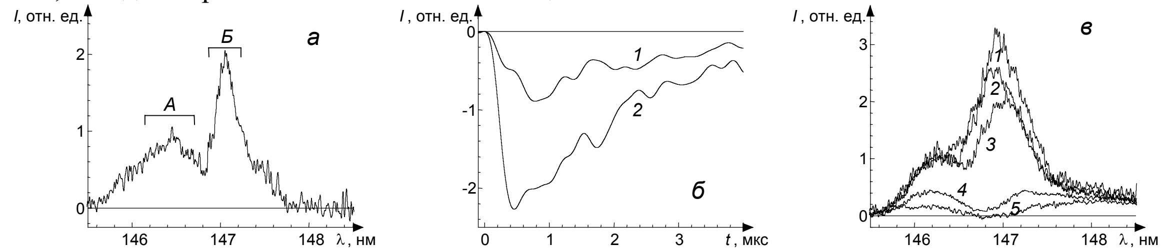

Рис. 2. Спектр излучения смеси He–Xe при содержании ксенона 1 %. Ширина щели монохроматора 30 мкм (*а*). Временной ход импульсов излучения, соответствующих спектральным областям *А* (кр. *1*) и *Б* (кр. *2*) на рис. 2, *а* (*б*). Спектры излучения смеси Ar–Xe после прохождения газового фильтра при давлении ксенона в нем: 10^{-6} (кр. *1*), 0,85 (кр. *2*), 2,1 (кр. *3*), 9 (кр. *4*) и 18 Торр (кр. *5*) (*в*)

Проведенные исследования показали, что при возбуждении бинарных смесей аргона и гелия с малыми добавками ксенона высоковольтным наносекундным разрядом в спектре излучения газоразрядной плазмы в диапазоне 145–150 нм наблюдается сложная структура, зависящая от концентрации ксенона. Исследование временного хода импульсов излучения и поглощения излучения в газовом фильтре, заполненном ксеноном, показали, что интенсивности коротковолновой и длинноволновой частей спектра достигают максимума в разное время, а также по-разному поглощаются в ксеноне. Данный факт позволяет сделать предположение о том, что эти компоненты излучаются либо разными частицами, либо на разных переходах одной частицы (гетероядерного димера $ArXe^*$ ($HeXe^*$)).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Salamero Y., Birot A., Brunet H., et al. // J. Chem. Phys. – 1981. – V. 74. – No. 8. – P. 288–296.
2. Cheshnovsky O., Raz B., and Jortner J. // J. Chem. Phys. – 1973. – V. 59. – No. 8. – P. 3301–3307.
3. Крюков Н.А., Чаплыгин М.А. // Опт. и спектр. – 1997. – Т. 82. – № 4. – С. 552–557.
4. Gerasimov G., Hallin R., Krylov B., et al. // Proc. SPIE. – 1997. – V. 3402. – P. 322–327.
5. Герасимов Г.Н., Халлин Р., Крылов Б.Е., Арнесен А. // Оптический журнал. – 2007. – Т. 74. – № 9. – С. 3–10.
6. Ломаев М.И., Сорокин Д.А., Тарасенко В.Ф. // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 3. – С. 226–229.

Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия
E-mail: SDmA-70@loi.hcei.tsc.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.

Сорокин Дмитрий Алексеевич, аспирант;
Ломаев Михаил Иванович, д.ф.-м.н., ст. науч. сотр.;
Тарасенко Виктор Федотович, д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией.