

Очевидно, что приведенная оценка имеет качественный характер. При низкой ангармоничности вырожденного колебания будут возбуждаться более высокие колебательные состояния с большим значением колебательного момента, что может привести к усилению магнитно-оптического эффекта.

Следует также отметить, что значительный интерес могут представить изменения свойств кристалла (например, оптических), обусловленные рассмотренным колебательным возбуждением.

Авторы благодарны Т. К. Ребане и А. В. Лящеву за обсуждение результатов и полезные замечания.

Литература

- [1] P. Barchewitz. *Spectroscopie Atomique et Moleculaire* 2, 273, Paris, 1971.
 - [2] L. Henry, G. Amat. *Cah. Phys.*, 14, 230, 1960.
 - [3] H. H. Nielsen. *Rev. Mod. Phys.*, 23, 90, 1951.
 - [4] W. Hüttner, K. Morgenstein. *Z. Naturf. A*, 25, 547, 1970.
 - [5] M. J. Kelly, J. E. Tomas, J. P. Monchalin, N. A. Kurnit, A. Javan. *Phys. Rev.*, 37, 686, 1976.
 - [6] R. E. Moss, A. J. Perry. *Mol. Phys.*, 25, 1121, 1973.
 - [7] H. Loudon. *The Quantum Theory of Light*. Clarendon Press, Oxford, 1973.
- Русский перевод: Р. Л о у д о н. Квантовая теория света, М., 1976.

Поступило в Редакцию 11 сентября 1978 г.

УДК 535.33-31

НАБЛЮДЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ ArXe С МАКСИМУМОМ ИНТЕНСИВНОСТИ λ 1590 Å

Э. Т. Верховцева и А. Е. Овечкин

В ВУФ излучении газовой, жидкой и твердой фаз смесей Ar—Kr были обнаружены непрерывные спектры с максимумом интенсивности (λ_{max} 1350, 1545 Å, отнесенные к радиационному распаду эксимеров $(\text{ArKr})^*$ и (KrXe) соответственно [1-7]. Хотя исследованию ВУФ излучения смеси Ar—Xe посвящено немало работ [1-3, 7, 8], до сих пор отсутствует информация об эмиссионном спектре молекулы $(\text{ArXe})^*$, являющимся аналогом непрерывных спектров молекул $(\text{ArKr})^*—\lambda_{\text{max}}$ 1350 Å и $(\text{KrXe})^*—\lambda_{\text{max}}$ 1545 Å. В связи с этим в настоящем сообщении был произведен поиск непрерывного спектра излучения молекулы в газоструйном источнике ВУФ [4].

Эмиссионные спектры смеси Ar—Xe изучались при различном фазовом составе струи в широком интервале изменения концентрации примеси. Смеси готовились из предварительно очищенного Ar и Xe , содержание примесей в которых не превышало $10^{-4}\%$. Концентрация Xe в смесях изменялась от 10^{-3} до 10% . Струя возбуждалась электронным пучком с энергией 1 кэВ и плотностью тока $0.3 \text{ Å}/\text{cm}^2$. Спектр регистрировался в области 1000—2000 Å с разрешением не хуже 1 Å. Фазовый состав струи регулировался изменением температуры газовой смеси на входе в сопло T_0 при давлении $P_0=1$ атм. Спектр изучался при температурах $T_0=450, 310, 260$ и 185 K , обеспечивающих атомарный состав струи, присутствие в ней многоатомных образований — кластеров, жидких капель и микрокристаллов¹ [4]. Детали экспериментальной техники и методики измерений содержатся в работе [4].

На рис. 1 представлены эмиссионные спектры сверхзвуковых струй смесей Ar—Xe при $T_0=450$ и 185 K .² В излучении струи смеси атомарного состава наряду с резонансными линиями Ar I 1048, 1067 Å и Xe I 1296, 1470 Å присутствуют непрерывные спектры аргона λ_{max} 1075, 1920 Å и ксенона 1495 Å. С появлением в струе микрокристаллов

¹ По данным проведенных нами электронографических исследований, микрокристаллы раствора Ar—Xe , присутствующие в струе при $P_0=1$ атм и $T_0=185 \text{ K}$ имеют ГЦК структуру, средний размер $\bar{r}=36 \pm 4 \text{ Å}$, температуру $T=50 \pm 4 \text{ K}$.

² Спектры при $T_0=310$ и 260 K не приведены, поскольку они имеют вид, аналогичный спектру, полученному при $T_0=185 \text{ K}$.

Интенсивность, отн. ед.

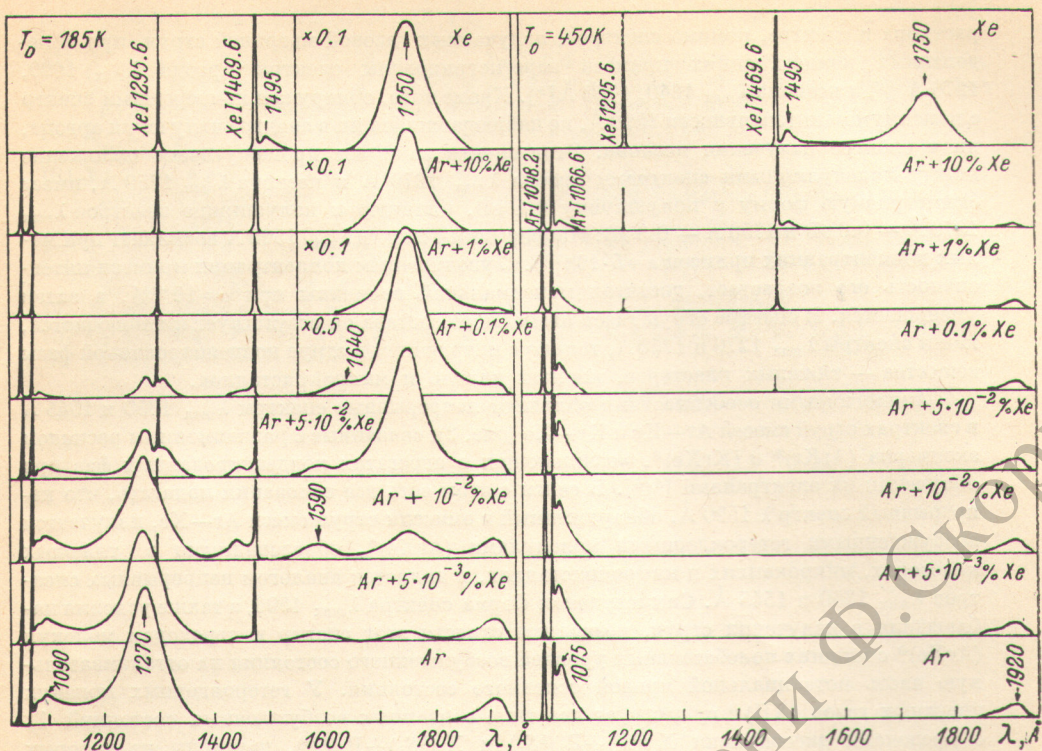


Рис. 1. ВУФ спектры излучения сверхзвуковых струй Ar, Xe и смеси Ar—Xe для различных концентраций примеси при $T_0=450$ и 185 К.

Концентрация частиц в месте возбуждения струи изменялась в пределах $(1+2.5) \cdot 10^{17}$ см $^{-3}$ в температурном интервале $T_0=450+185$ К.

Интенсивность, отн. ед.

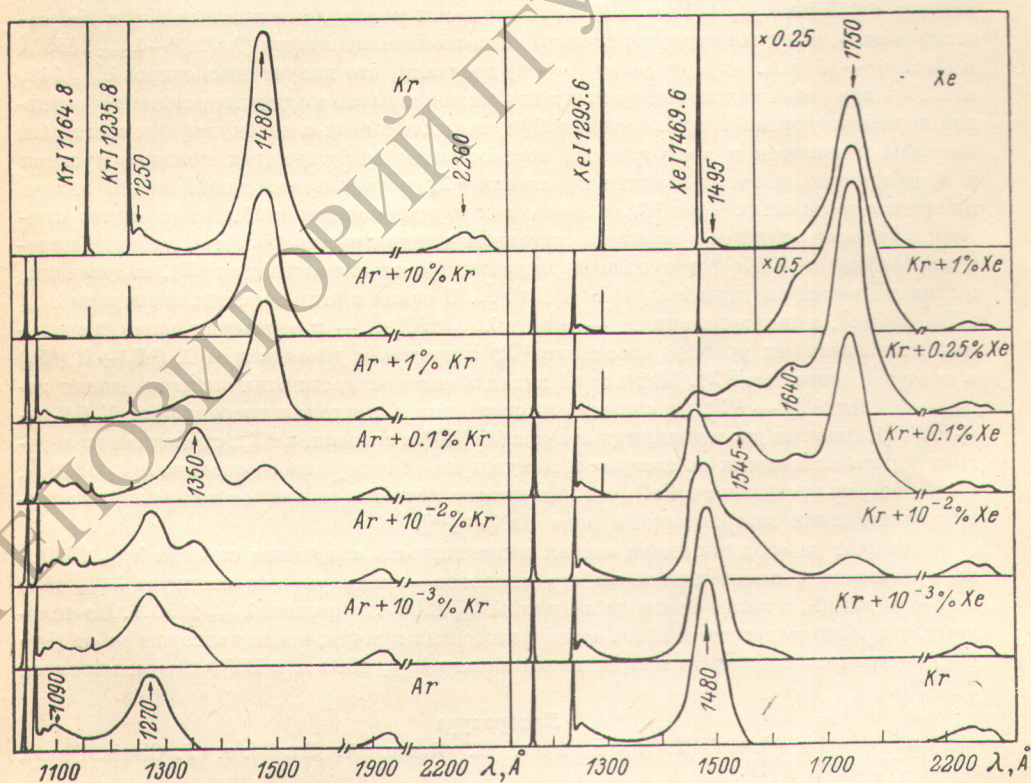


Рис. 2. ВУФ спектры излучения сверхзвуковых струй Ar, Kr, Xe и смесей Ar—Kr и Kr—Xe для различных концентраций примеси при $P_0=1$ атм, $T_0=185$ К.

раствора в спектре, помимо спектров, излучаемых газовой матрицей струи, при определенных концентрациях примеси зарегистрированы спектры аргона λ_{\max} 1090, 1270 Å [4] и ксенона λ_{\max} 1640, 1750 Å [9]. Кроме того, обнаружен непрерывный спектр с максимумом интенсивности 1590 Å, не наблюдавшийся ни в спектре излучения аргона, ни в спектре излучения ксенона. Этот спектр занимает промежуточное положение между молекулярными спектрами аргона λ_{\max} 1270 Å и ксенона λ_{\max} 1750 Å, имеет симметричную форму и полуширину 0.4 эВ, близкую к полуширине спектров λ_{\max} 1270 Å — 0.6 эВ и 1750 Å — 0.3 эВ. Непрерывный спектр λ_{\max} 1590 Å возникает при малых концентрациях примеси $c=5 \cdot 10^{-3}\%$. С увеличением концентрации примеси интенсивность его возрастает, достигая максимальной величины при $c=10^{-2}\%$, а затем уменьшается. В спектре струи газов атомарного состава он отсутствует и наблюдается, как и спектры λ_{\max} 1270 и 1750 Å, только с появлением в струе конденсированной фазы вещества — тяжелых кластеров, жидких капель и микрокристаллов.

Аналогичными особенностями обладают непрерывные спектры λ_{\max} 1350 и 1545 Å в спектрах струй смесей Ar—Kr и Kr—Xe (рис. 2), связанные с радиационным распадом эксимеров (ArKr)* и (KrXe)*, возникающих в агрегатах конденсированных фаз при облучении их электронами [4-6]. В связи с этим есть все основания полагать, что непрерывный спектр λ_{\max} 1590 Å, обнаруженный в эмиссии струи смеси Ar—Xe, излучается возбужденными гетероядерными молекулами (ArXe)*, образованными в тяжелых кластерах, микрокаплях и микрокристаллах, и является аналогом непрерывных спектров λ_{\max} 1350 и 1545 Å. Симметричная форма спектра λ_{\max} 1590, а также условия наблюдения в излучении струи, позволяют отнести этот спектр к переходам молекул (ArXe)* с нижних колебательных уровней возбужденного состояния на отталкивательную часть потенциальной кривой основного состояния. У гетероядерных молекул инертных газов (XR)³ существует два типа связанных возбужденных состояний Σ_u^+ с пределами диссоциации X (³P) + R (¹S₀) и X (¹S₀) + R (³P), переходы из которых в основное состояние $^1\Sigma_g^+$ должны приводить к появлению непрерывных спектров в ВУФ области. На основании результатов работ [1, 2, 8] можно высказать предположение о том, какое из указанных выше состояний определяет эмиссию спектров λ_{\max} 1350, 1545 и 1590 Å. В возбужденных газовых смесях Ar—Kr, Ar—Xe и Kr—Xe высокого давления при очень малых концентрациях примеси более тяжелого элемента помимо спектров λ_{\max} 1480 и 1720 Å, излучаемых молекулами примеси Kr₂* и Xe₂* соответственно, были обнаружены непрерывные спектры эксимеров (ArKr)* — λ_{\max} 1350 Å и (KrXe)* — 1545 Å. Авторы работ [1, 2, 8] показали, что излучение спектров λ_{\max} 1480 и 1720 Å при столь малых концентрациях примеси связано с существованием эффективной передачи энергии от нижайших возбужденных атомных и молекулярных состояний матрицы к примеси и последующим образованиям возбужденных молекул примеси в колебательно релаксированном состоянии $^3\Sigma_u^+$ в результате столкновений атомов примеси в состояниях ³P₂ и ¹S₀. В процессах соударений метастабильных атомов примеси с атомами матрицы в основном состоянии должны возникать гетероядерные молекулы (ArKr)* и (KrXe)* в колебательно релаксированном состоянии $^3\Sigma_u^+$, излучающие в этих условиях спектры λ_{\max} 1350 и 1590 Å. В связи с этим мы отнесли спектры λ_{\max} 1350, 1545 Å, а также их аналог — спектр λ_{\max} 1590 Å — к переходам молекул с нижних колебательных уровней состояния $^3\Sigma_u^+$ с пределом диссоциации X (¹S₀) + R (³P₂) в основное состояние $^1\Sigma_g^+$. Некоторый вклад в интенсивности этих спектров может давать переход $^1\Sigma_u^+ \rightarrow ^1\Sigma_g^+$ из связанного состояния с пределом диссоциации X (¹S₀) + R (³P₁). Энергия диссоциации молекулы (ArXe)* в состоянии $^3\Sigma_u^+$, оцененная из энергетического положения максимума и полуширины непрерывного спектра λ_{\max} 1590 Å, оказалось, не превышает 0.1 эВ, что находится в хорошем согласии с данными для энергии диссоциации гетероядерного иона ArXe⁺ [10].

Обращает на себя внимание слабая интенсивность излучения спектра λ_{\max} 1590 Å по сравнению с интенсивностями его аналогов — непрерывных спектров λ_{\max} 1350 и 1545 Å (рис. 2), а также спектров матрицы λ_{\max} 1270 Å и примеси λ_{\max} 1750 Å. По-видимому, это обстоятельство явилось одной из главных причин, почему авторам работ [1-3, 7, 8] не удалось наблюдать непрерывный спектр λ_{\max} 1590 Å в ВУФ излучении смеси Ar—Xe.

Литература

- [1] A. Gedanken, J. Jortner, B. Raz, A. Szöke. J. Chem. Phys., 57, 3457, 1972.

³ X обозначает атом матрицы, R — атом примеси более тяжелого инертного газа.

- [2] O. Cheshnovsky, B. Raz, J. Jortner. *J. Chem. Phys.*, **59**, 3301, 1973.
- [3] A. Gedanken, B. Raz, J. Jortner. *J. Chem. Phys.*, **59**, 5471, 1973.
- [4] Б. И. Веркин, Э. Т. Верховцева, Я. М. Фогель. Физика вакуумного ультрафиолетового излучения. «Наукова думка», Киев, 1974.
- [5] E. T. Verkhovtseva, A. E. Ovechkin, Ya. M. Fogel. *J. Chem. Phys. Lett.*, **30**, 120, 1975.
- [6] E. T. Verkhovtseva, A. E. Ovechkin, Ya. M. Fogel, Extended abstract of the V Int. Cong. on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Montpellier, **1**, 171, 1977.
- [7] I. Ya. Fugol', A. G. Belov. *Solid State Commun.*, **17**, 1125, 1975.
- [8] R. E. Gleason, T. D. Bonifield, W. Keto, G. K. Walters. *J. Chem. Phys.*, **66**, 159, 1977.
- [9] N. G. Basov et al. *J. of Luminescence*, **1**, 2, 34, 1970.
- [10] C. Y. Ng, P. W. Tiedemann, B. H. Mahan, Y. T. Lee. *J. Chem. Phys.*, **66**, 5737, 1977.

Поступило в Редакцию 29 сентября 1978 г.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. СКОРИНЫ