

ИОННЫЙ СОСТАВ В РАЗРЯДНОЙ КАЛИЙ-АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ

Н.Д. Моргулис, А.М. Пржонский

Исследован масс-спектр ионов в смешанной $K - N_2$ плазме в широком диапазоне давлений. Наряду с разными ионами калия и азота, здесь обнаружены комплексные ионы KN_2^+ и влияние азота на образование ионов K_2^+ ; обсуждается возможная природа этих явлений.

Произведено исследование ионного состава в двухкомпонентной разрядной плазме, которая, на первом этапе, создавалась в смеси паров калия при давлении p в области $\approx 10^{-6} - 10^{-2}$ мм рт. ст. и молекулярного азота при давлении в области $P \approx 0 - 1$ мм рт. ст.; ее источником был дуговой разряд с накалимым катодом, при силе разрядного тока $I \approx 10 - 60$ ма. В работе применялся однополюсный масс-анализатор МХ-7301, подобно использованному в [1] для исследования чисто азотной плазмы. Параллельно этому, производилось систематическое исследование электрических свойств и параметров калий-азотной плазмы (Клапченко), подобное частично описанному нами в [2] для случая цезий-водородной плазмы. Описанные ниже измерения были произведены при $I = 20$ ма; полученная при этом плазма характеризовалась зависими от величин p и P : а) концентрацией электронов n_e в области $\approx 10^9 - 10^{10}$ см⁻³, б) "температурой" их медленной группы $T_e \approx 10000 - 40000$ К, в то время как полный спектр энергий электронов был весьма сложным и в) напряженностью электрического поля $E \approx 1,5 - 6,0$ в/см.

На представленных рисунках изображены, в логарифмическом масштабе, зависимости от p (рис. 1) и от P (рис. 2) относительной интенсивности выходных сигналов $J = J / \sum J$: созданных извлекаемыми не-

посредственно из плазмы ионами N_1^+ (кривая 1), N_2^+ (кривая 2), K_1^{39+} (кривая 3), K_2^{78+} (кривая 4) и KN_2^+ (кривая 5); при этом в первом случае $P = 0,1$ мм рт.ст., а во втором $p = 1,5 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст. В средней области рис. 1 плазма была несколько стратифицирована. Кроме этих пионов был измерен также и ход обнаруженных здесь ионов N_3^+ , N_4^+ , K_1^{41+} и K_2^{80+} , однако мы его пока не приводим. Измерения зависимости $j = f(l)$ в нашей области величин l , при указанных выше значениях p и P показали, что она меняется сравнительно немного.

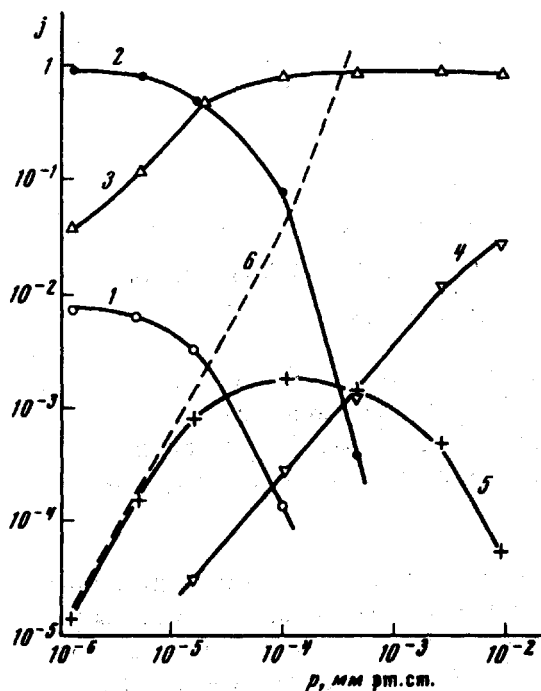


Рис. 1

Из этих рисунков ясно видно, как происходит, при достаточно широком изменении каждой из величин p и P , непрерывный переход плазмы от режима с преимущественной ионизацией азота с незначительной примесью калия, к режиму с преимущественной ионизацией одного калия в нейтральном азоте. Подобный переход сопровождается соответствующим понижением величин E и T_e и ростом величины n_e . Эти крайние режимы из рис. 1 должны, естественно, отличаться от чисто азотного и чисто калиевого, без второго компонента. Затем эти измерения показывают, что в подобной плазме, кроме различных ионов ее компонентов [1, 3], обнаруживаются дополнительно комплексные ионы KN_2^+ . Подобные ионы наблюдались также и в [4], однако в совершенно других — не плазменных условиях.

Казалось бы естественным ожидать здесь наличия следующей ионно-молекулярной реакции: $K^+ + 2N_2 \rightarrow KN_2^+ + N_2$; однако в нашем случае эта реакция полученных данных объяснить не может. В самом деле, из уравнения баланса между скоростями образования этих ионов и их рекомбинации на стенках прибора (определяющей в этих условиях их исчезновение): $\beta_1 n_1 n_M^2 = \beta_2 n_2$, следует (при $\beta_2 \approx \text{const}$) для отношения кон-

центраций ионов KN_2^+ и K^+ выражение $\frac{n_2}{n_1} \sim \frac{j_2}{j_1} \sim n_M^2 \sim P^2$. Экспериментальная же зависимость $\frac{j_2}{j_1} = f(P)$, ничего общего с ним не имею-

щая, представлена пунктирной кривой 6 на рис. 2. Несколько лучше, чисто качественно, обстоит дело при использовании ассоциативной реакции: $\text{K} + \text{N}_2^* \rightarrow \text{KN}_2^+ + e$, например, с участием молекул азота N_2^* в электронно-возбужденном метастабильном состоянии ($\mathcal{E}^* = 6,23 \text{ эВ}$), со скоростью образования приблизительно пропорциональной ионам N_2^+ . В

этом случае получается выражение $\frac{n_2}{n_M^*} \sim \frac{n_2}{n_M^+} \sim \frac{j_2}{j_M^+} \sim n_K \sim P$, а довольно близкая к нему экспериментальная зависимость $\frac{j_2}{j_M^+} = f(p)$ пред-

ставлена пунктирной кривой 6 на рис. 1. Однако, все же определенное выяснение этого вопроса является пока еще делом будущего.

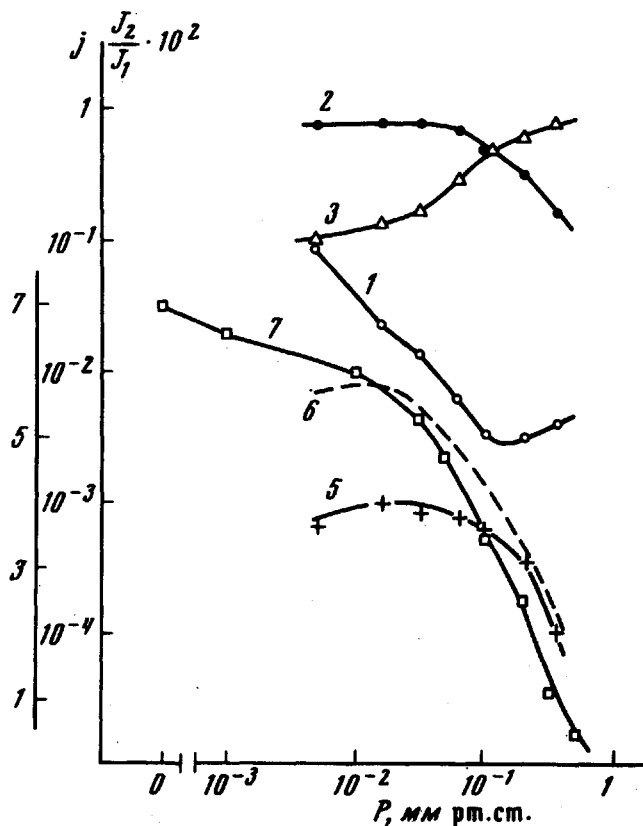


Рис. 2

Наконец, на рис. 2 кривой 7 показано, что отношение сигналов J_2/J_1 молекулярного и атомарного ионов калия, при $p = 10^{-2} \text{ мм рт. ст.}$ быстро падает с ростом P . Это обстоятельство может, очевидно, служить определенным аргументом в пользу того, что образование молекулярных ионов K_2^+ происходит в подобных условиях преимущественно путем

ассоциативной ионизации с участием возбужденных атомов калия, а не путем ионной конверсии [3]. Так как при этом растет скорость тушения их возбуждения молекулярным азотом.

Киевский
государственный университет
им Т. Г. Шевченко

Поступила в редакцию
5 октября 1974 г.

Литература

- [1] А.М.Пржонский. Укр. физ. журн., 19, №10, 1974.
 - [2] Н.Д.Моргулис, В.И.Клапченко. ЖТФ, 44, 1458, 1974; Н.Д.Моргулис, В.И.Клапченко, А.И.Кравченко. ЖТФ, в печати.
 - [3] В.Н.Паслен, А.М.Пржонский. ЖТФ, 44, 1113, 1974.
 - [4] G. Thomson et al. J. Chem. Phys., 58, 2402, 1973.
-