

Н. В. КАРЛОВ, Н. А. КАРПОВ, Ю. Н. ПЕТРОВ,
академик А. М. ПРОХОРОВ, Л. А. ШЕЛЕПИН

ЭФФЕКТ ОБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ ПРИ РЕЗОНАНСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНТЕНСИВНОГО И.К. ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МНОГОАТОМНЫЕ МОЛЕКУЛЫ

В нашем предварительном сообщении (¹) на основе анализа радиационного механизма воздействия резонансного излучения на многоатомные молекулы сделан вывод о возможности существования эффекта «мгновенной» ионизации молекул под действием излучения с квантами, много меньшими энергии диссоциации (и, тем самым, ионизации) молекул. Для многоатомных молекул, начиная с некоторого уровня возбуждения, характерна квазинепрерывная последовательность колебательно-вращательных уровней вплоть до границы ионизации. При этом излучение, соответствующее колебательным квантам молекулы, может заселять колебательные уровни возбужденных электронных состояний молекулы. Сильное перевозбуждение молекулы по сравнению с ее возбуждением в пределах основного электронного состояния должно приводить либо к ионизации молекулы, либо к образованию легко ионизирующихся фрагментов. Процесс набора энергии молекулой начинается резонансным возбуждением первого колебательного уровня, и селективность возбуждения сохраняется вплоть до ионизации.

В этой работе сообщается об экспериментально обнаруженном эффекте образования ионов в поле интенсивного и.к. лазерного излучения в условиях, исключающих газокинетические столкновения.

Эксперимент выполнен с помощью импульсного CO_2 -лазера атмосферного давления. Длина волны излучения 10,6 мкм, длительность импульсов 1 мксек., энергия до 1,5 дж. Исследован газообразный трихлорид бора BCl_3 , для которого ранее (²) было обнаружено петепловое возбуждение высших колебательных уровней под действием интенсивного непрерывного резонансного лазерного излучения. Стеклоянная газовая кювета диаметром 4 см и длиной 10 см снабжена плоскими круглыми электродами диаметром 2 см, образующими плоский конденсатор с зазором 0,8 см. В ходе экспериментов давление в кювете менялось от 10^{-5} тор до атмосферного. Лазерное излучение коллимировалось в почти цилиндрический слабо сходящийся пучок диаметром 0,08 см, проходящий между электродами параллельно им. Форма лазерного пучка контролировалась по свечению газа BCl_3 при давлениях около 10 тор (³). Система нейтральных фильтров позволяла практически плавно менять интенсивность облучения в пределах от нескольких квт/см² до 50 Мвт/см².

Наличие заряженных частиц в облучаемой лазером области кюветы регистрировалось по току проводимости между электродами, на которые подавалось напряжение 100 в. Напряжение, соответствующее току проводимости, снималось с нагрузочного сопротивления в 100 ком и регистрировалось осциллографом С-29 или С-42. В диапазоне давлений от 10^{-5} до 10^{-1} тор насыщение по току отсутствовало, т. е. снимаемое напряжение сигнала всегда было много меньше 100 в. Прикладываемые к электродам напряжения значительно меньше напряжений статического пробоя.

Токи проводимости обнаружены в широком диапазоне давлений. На рис. 1 приведены осциллограммы, иллюстрирующие ионные токи при раз-

личных давлениях. Наблюдаемое явление носит резко выраженный пороговый характер в зависимости от интенсивности лазерного облучения. На рис. 2 показана зависимость пороговой интенсивности от давления. Эффективность образования ионов оказалась значительной. На рис. 3 показана

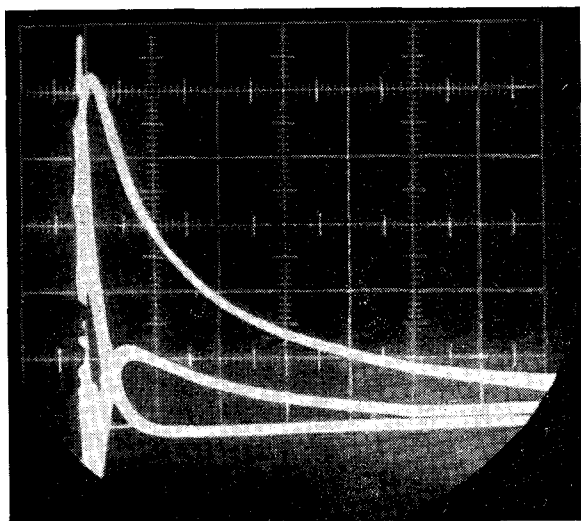


Рис. 1. Импульсы тока, возникающего в BCl_3 при лазерном облучении с интенсивностью 20 Мвт/см^2 . Давления $1,3 \cdot 10^{-3}$, $5 \cdot 10^{-3}$ и $2 \cdot 10^{-2}$ тор (снизу вверх). Развертка: 1 дел. — 100 мксек.

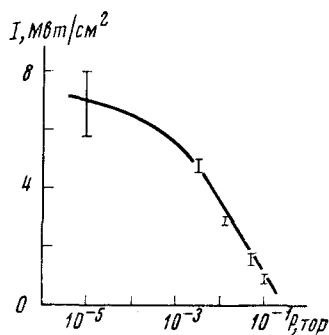


Рис. 2

Зависимость порога фотоионизации от давления BCl_3

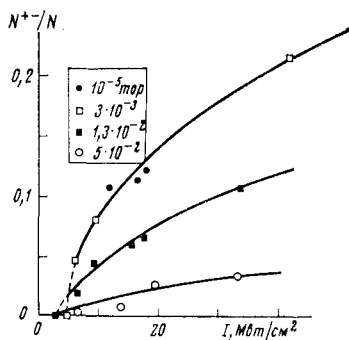


Рис. 3

Кривые фотоионизации для трихлорида бора в зависимости от интенсивности $10,6 \text{ мкм}$ излучения при различных давлениях газа

зависимость полной относительной концентрации заряженных частиц в облучаемом объеме газа от интенсивности облучения.

Таким образом, при давлениях, меньших порядка 10^{-3} тор возникновение проводимости происходит при условиях, когда действие столкновений исключено как во время лазерного импульса, так и при процессе распространения зарядов, что свидетельствует о чисто радиационном механизме образования зарядов. Характерные времена импульсов проводимости в бесстолкновительных условиях свидетельствуют о том, что образующиеся заряженные частицы являются ионами. Большая относительная

концентрация ионов указывает на высокую эффективность процесса бесстолкновительной резонансной инфракрасной фотоионизации многоатомных молекул. Этот процесс имеет низкие пороги (≤ 10 Мвт/см²) и эффективно идет при интенсивностях (~ 50 Мвт/см²), существенно меньших, чем в случае нерезонансной фотоионизации.

При больших давлениях (от 1 тор и выше) наблюдавшаяся проводимость газа ВСI₃ при облучении обусловлена радиационно-столкновительными процессами и характеризуется низкими порогами возникновения. Так, при давлении в 100 тор интенсивная фотоионизация наблюдается при интенсивности облучения в 10 квт/см². Процессы радиационно-столкновительной и.-к. фотоионизации сопровождаются яркой видимой люминесценцией.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР
Москва

Поступило
14 VIII 1975

ЛИТЕРАТУРА

¹ В. М. Акулин, С. С. Алимиев и др., Письма ЖЭТФ, т. 22, в. 2 (1975). ² Н. В. Карлов, Ю. Н. Петров и др., Письма ЖЭТФ, т. 11, в. 4, 220 (1970). ³ Н. В. Карлов, Н. А. Карпов и др., Письма ЖЭТФ, т. 17, в. 7, 337 (1973).