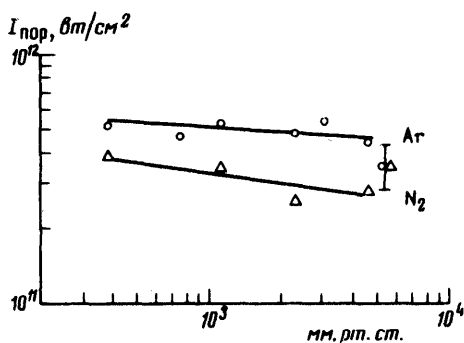


ПРОБОЙ В АРГОНЕ И АЗОТЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПИКОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 0,35 мкм

И. К. Красюк, П. П. Пащинин

В работах [1, 2] было экспериментально показано, что в аргоне, гелии и азоте при воздействии пикосекундного лазерного импульса излучения с длиной волны 0,69 мкм оптический пробой обусловлен многофотонной ионизацией атомов или молекул газа. В случае азота указанный механизм играет определяющую роль в образовании пробоя и при воздействии лазерного излучения с длиной волны 1,06 мкм [3].

В настоящей работе проведены исследования для выяснения механизма образования пробоя в аргоне и азоте при воздействии лазерного излучения пикосекундной длительности с длиной волны 0,35 мкм. Для этого, как и в выше цитированных работах, измерялась зависимость пороговой интенсивности пробоя от давления исследуемого газа.



Экспериментальная зависимость пороговой интенсивности пробоя $I_{пор}$ от давления: о — в аргоне, Δ — в азоте

Схема экспериментальной установки аналогична приведенной в работе [1]. В качестве источника импульса лазерного излучения пикосекундной длительности была использована лазерная система на

рубине [2] с преобразованием основного излучения во вторую гармонику с помощью кристалла KDP. Лазерное излучение на второй гармонике фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 1,8 см внутрь камеры, заполняемой исследуемым газом при необходимом давлении. Для разделения излучения на основной частоте и на второй гармонике перед линзой был помещен фильтр на основе насыщенного водного раствора CuSO_4 толщиной 1 см. Мощность второй гармоники лазерного излучения измерялась с помощью калиброванной электронно-оптической камеры с временным разрешением не хуже 20 псек. Поперечный размер фокальной области был измерен непосредственным фотометрированием распределения интенсивности в окрестности фокуса. Площадь по полувысоте интенсивности составила величину $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2$. Пробой, следствием которого является свечение в фокальной области, наблюдался визуально. За пороговую интенсивность принималась пиковая интенсивность, при которой было еще видно свечение.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунке. Длительность лазерного излучения находилась в пределах 30–50 псек. Видно, что в диапазоне давлений от 400 до 4500 мм рт. ст. пороговая интенсивность пробоя слабо зависит от давления как для аргона, так и для азота. Этот факт свидетельствует о том, что возникновение пробоя в исследуемых условиях связано с многофотонной ионизацией атомов или молекул газа в сильном поле излучения [4]. Величины пороговых интенсивностей пробоя для аргона и азота оказались весьма близкими.

Сравнение с результатами работы [2] показывает, что при увеличении частоты излучения в два раза порог пробоя в аргоне снижается почти в 20 раз, а в азоте в 300 раз. Это указывает именно на многофотонный механизм ионизации, а не тунелирование электронов из атома. В последнем случае вероятность процесса не зависит от частоты [5].

Анализ экспериментальных результатов настоящей работы и работ других авторов [6] показывает, что относительное увеличение вероятности фотоионизации при увеличении частоты оптического излучения удовлетворительно описывается аналитической квазиклассической формулой, полученной в работе [7]. Абсолютные величины вероятностей, как уже указывалось раньше [6], вычисленные по этой формуле, оказываются на несколько порядков ниже определенных экспериментально. При расчетах были использованы величины эффективного потенциала ионизации аргона и степени многоквантовости, известные в настоящее время из экспериментальных исследований [6].

Отметим, что при воздействии лазерного излучения с длиной волны 0,35 мкм и длительностью 20 псек также обнаружено уменьшение пороговой интенсивности пробоя в Ag и Xe [8]. Однако, в отличие от пробоя лазерным излучением пикосекундной длительности, этот факт в настоящее время не имеет теоретического объяснения. Общепризнанная теория лавинного пробоя в случае наносекундных импульсов излучения предсказывает монотонное увеличение пороговой интенсивности пробоя с увеличением частоты лазерного излучения [9].

По-видимому, в теории необходимо дополнительно учитывать специфику процессов в оптическом диапазоне, в частности, влияние резонансных переходов между возбужденными состояниями, эффекты самофокусировки и др.

Авторы благодарят В.И.Вовченко и М.В.Евтеева за помощь при проведении экспериментов и обработке полученных результатов, а также В.М.Марченко за предоставление аппаратуры для измерения длительности лазерного излучения.

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

Поступила в редакцию
7 марта 1972 г.

Литература

- [1] И.К.Красюк, П.П.Пашинин, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 9, 581, 1969.
 - [2] И.К.Красюк, П.П.Пашинин, А.М.Прохоров. ЖЭТФ, 58, 1606, 1970.
 - [3] R.J.Dewhurst, G.J.Pert, S.A.Ramsden. Proc. 10 Int. Conf. on Ioniz Gases, Oxford, England, 1971.
 - [4] Ф.В.Бункин, А.М.Прохоров. ЖЭТФ, 52, 1610, 1967.
 - [5] Ф.В.Бункин, А.М.Прохоров. ЖЭТФ, 46, 1090, 1964.
 - [6] Н.Б.Делоне, Л.В.Келдыш. Препринт ФИАН, 1970.
 - [7] Л.В.Келдыш. ЖЭТФ, 47, 1945, 1964.
 - [8] Н.Т.Buscher, R.G.Tomlinson, E.K.Damon. Phys. Rev. Lett., 15, 847, 1965 (перевод в сб. Действие лазерного излучения, изд, Мир, 1968).
 - [9] Я.Б.Зельдович, Ю.П.Райзер. ЖЭТФ, 47, 1150, 1964.
-