

ЭЛЕКТРОИОНИЗАЦИОННЫЙ РАЗРЯД С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Л.П.Фоминский

Сообщается о методе возбуждения газа электроионизационного лазера, в котором производится рекуперация энергии электронного пучка, позволяющем достигать высокой удельной энергии возбуждений газа при высоком коэффициенте использования энергии пучка.

Ионизация газа быстрыми электронами позволяет осуществлять объемный разряд при высоких давлениях газа [1, 2] и тем самым достигать высокой удельной энергии возбуждения газа, что используется в электроионизационных лазерах [2, 3]. Величина вкладываемой в газ от источника электрического поля удельной энергии Q растет почти квадратично с ростом E/P [4, 5], где E – напряженность электрического поля в газе, P – давление газа. Но напряженность статического поля нельзя поднять выше напряженности поля самопробоя. В результате работы при низких величинах E (до 30 кВ/см) при характерных токах электронного пучка ~ 1 кА и длительностях импульса тока $\sim 10^{-8}$ сек достигнута величина Q не более 10 Дж/см³.

Повышение удельной энергии в таких устройствах требует применения более мощных ускорителей, так как величина тока объемного разряда пропорциональна ионизирующему действию пучка, а длительность разряда примерно равна длительности импульса пучка [4]. В то же время в существующих установках лишь незначительная часть энергии пучка идет на ионизацию газа разрядного промежутка, так как пробег

высокоэнергетичных электронов в газе обычно много больше межэлектродного зазора.

Повысить напряженность поля в газе можно, применяя импульсное напряжение и создавая перенапряжение на разрядном промежутке. Но тогда возникает трудность синхронизации импульсов напряжения и электронного пучка.

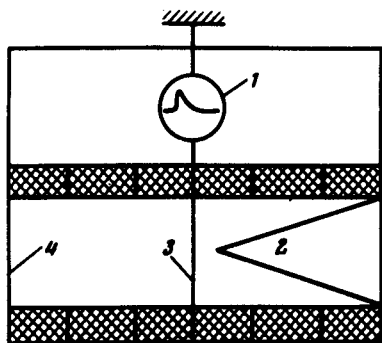


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

В разработанном нами устройстве, принципиальная схема которого приведена на рис. 1, эти трудности обходятся тем, что разность потенциалов на разрядный промежуток подается от того же источника импульсного напряжения 1, от которого питается ускорительная трубка с катодом взрывной эмиссии 2. Анод 3 ускорительной трубки и разрядной камеры общий и прозрачен для электронного пучка. Пучок, пролетая, анод, попадает в газ разрядного промежутка и тормозится встречным электрическим полем между анодом 3 и катодом 4, затрачивая часть энергии на ионизацию газа, а часть энергии, возвращает источнику напряжения 1 (происходит рекуперация энергии электронного пучка). Рекуперированная энергия идет на ускорение новых электронов (т. е. удлиняется импульс).

Поскольку сечение ионизации при малых энергиях электронов много больше, тормозящийся электрическим полем пучок производит гораздо большую ионизацию в газе, нежели обычный высокоэнергетичный пучок. Поэтому возможно достижение гораздо больших токов объемного разряда, нежели в обычных установках.

Основная масса вторичных электронов в газе образуется в области у катода 4, где электроны пучка тормозятся до минимальной энергии, а значит, имеют наибольшее сечение ионизации. Вторичные электроны под действием электрического поля движутся в сторону анода, производя возбуждение молекул газа и определяя ток разряда. При достаточно высокой напряженности поля эти электроны начнут ускоряться и "убегать" вдоль поля [6]. В ту же сторону дрейфуют и электроны пучка, отдавшие кинетическую энергию. Достигнуть катода 4 электроны пучка не могут, поэтому часть разрядного промежутка непосредственно перед катодом 4 остается неионизированной. Но в результате перераспределения электрического поля в разрядном промежутке напряженность поля в прикатодном слое возрастает, превышая порог ионизации газа, и последний пробивается, становясь фактически неограниченным эмиттером электронов [4].

Ярко светящийся прикатодный слой толщиной до 1 см хорошо виден на фотографиях свечения воздуха в разрядном промежутке при атмосферном давлении, которые снимались на описываемой установке при длине промежутка от 2 до 8 см. Остальная область между электродами светится гораздо слабее однородным фиолетовым свечением.

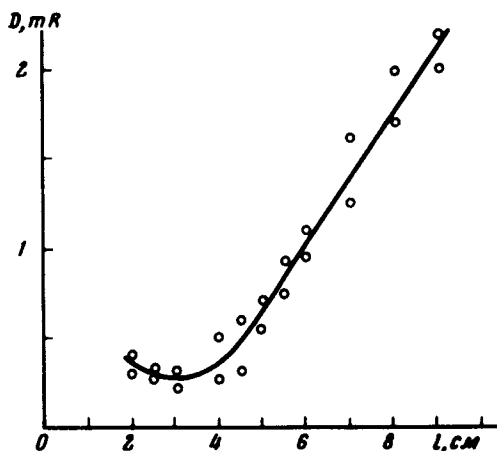


Рис. 2. Зависимость дозы рентгеновского излучения от длины разрядного промежутка

На ускорительную трубку и разрядный промежуток подавался одновременно импульс напряжения ~ 300 кВ длительностью $\sim 10^{-8}$ сек при токе пучка до 1 кА от линии-накопителя I , запасавшей до 20 Дж. При столь малой энергии, запасаемой в линии, не было достигнуто значительное превышение тока разряда над током пучка (не более 10 раз) и, естественно, не получены высокие значения Q , но эти эксперименты доказали работоспособность схемы и позволили отработать технику эксперимента. Достигалась напряженность электрического поля в промежутке свыше 100 кВ/см без образования канала разряда. Зависимость интегральной дозы рентгеновского излучения, регистрируемого дозиметрами ДК-0,2, от длины l разрядного промежутка приведена на рис. 2. Минимум при $l = 3$ см обусловлен, по-видимому, тем, что при $l \lesssim 3$ см начинается интенсивное "убегание" электронов и они бомбардируют фольгу анода, вызывая рентгеновское излучение.

Полученные результаты показывают, что в данной системе при достаточно мощном накопителе (с запасаемой энергией ~ 1 кДж) возможно достижение удельной вкладываемой в газ энергии ~ 100 Дж/см³ при высоком коэффициенте использования энергии электронного пучка.

Новомосковский филиал
государственного института
азотной промышленности

Поступила в редакцию
2 декабря 1974 г.

Литература

- [1] Б.М.Ковальчук, В.В.Кремнев, Г.А.Месяц. ДАН СССР, 191, 76, 1970.
[2] Н.Г.Басов, Э.М.Беленов, В.А.Данилычев, А.Ф.Сучков. Квантовая электроника, №3, 121 1971.

- [3] Н.Г.Басов, Э.М.Беленов, В.А.Данилычев, О.М.Керимов, И.Б.Ковш, А.Ф.Сучков. Письма в ЖЭТФ, 14, 421, 1971.
- [4] Н.Г.Басов, Э.М.Беленов, В.А.Данилычев, О.М.Керимов, И.Б.Ковш, А.Ф.Сучков. ЖТФ, ХЛП, №12, 1972.
- [5] Ю.И.Бычков, Ю.А.Курбатов. Г.А. Месяц. Сб. „Мощные наносекундные импульсные источники ускоренных электронов“, Новосибирск, изд. Наука, стр. 134, 1974
- [6] О.Б.Евдокимов, А.П.Яловец. ЖТФ, ХЛ V, №1, 217, 1974.
-