

и свидетельствует о возможности управления функцией распределения электронов по энергиям в плазме СВЧ газового разряда.

Таким образом, изменением величины и конфигурации внешнего магнитного поля может обеспечиваться управление параметрами электронной компоненты плазмы СВЧ газового разряда. В частности, изменением градиента неоднородного магнитного поля можно регулировать эффективность поглощения СВЧ мощности, большую плотность плазмы получать при меньшей средней энергии электронов и наоборот. Представляется возможным получение неравновесных функций распределения с регулируемым положением на оси энергии групп "быстрых" электронов. Такая локализация энергии способствует выделению определенных каналов преимущественного поглощения СВЧ мощности, управлению химическим составом плазмы и селективностью процессов обработки многослойных тонкопленочных структур микроэлектроники.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Д а н и л и н Б.С., К и р е е в В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов М.: Энергоатомиздат. 1987. 264 с.
- [2] Г у л я е в Ю.В., Я ф а р о в Р.К. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. Вып. 24. С. 2211-2214.
- [3] Г у л я е в Ю.В., Я ф а р о в Р.К. // Письма в ЖТФ, 1989. Т. 15. Вып. 1, С. 74-78.
- [4] К о з л о в О.В. Электрический зонд в плазме. М.: Атомиздат, 1969. 219 с.
- [5] Г о л а н т В.Е., П и л и я А.Д. // УФН. 1971. Т. 104. С. 413-457.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР
Саратовский филиал

Поступило в Редакцию
18 июля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 19

12 октября 1989 г.

04; 07

ПЕРЕХОД ДИФFUЗНОГО НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА В КОНТРАГИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕЗОНАНСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М.Г. К а с п а р о в, А.В. М о х о в,
А.П. Н е ф е д о в

Для выяснения природы контракции несамостоятельного разряда представляет интерес влияние внешнего возмущения на устойчивость разряда. Для этих целей применялись вспомогательные разряды [1], лазерный пробой [2]. Однако возмущения, вызванные таким образом, приводят к ряду последствий (разогрев газа, удар-

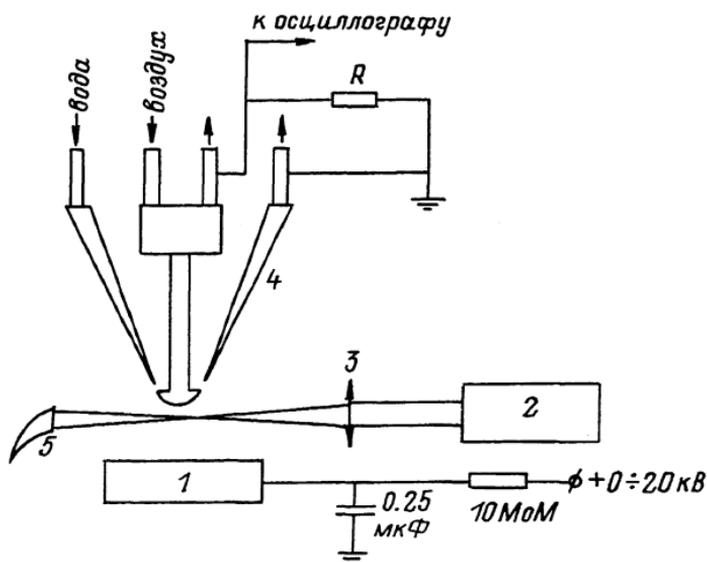


Рис. 1. Схематическое изображение установки: 1 - горелка Меккера, 2 - лазер, 3 - линза, 4 - катод, 5 - ловушка излучения.

ная волна, повышения концентрации электронов), что затрудняет выделение влияния каждого отдельного фактора на устойчивость разряда. В данной работе источником возмущения служит резонансное излучение, единственным результатом которого является локальное повышение концентрации электронов.

Использовалось пламя пропан-воздух с небольшим (5%) избытком топлива, получаемое в двухфакельной горелке Меккера с пневматической подачей легкоионизирующейся присадки в виде раствора соли натрия [3]. Температура определялась обобщенным методом обращения, концентрация натрия - методом полного поглощения.

В качестве катода использовался закрученный конус с углом раскрытия 60° и радиусом закругления 8 мм, изготовленный из меди. Закругленная часть была отделена полимиллиметровым зазором от конической части, и не имела ни гальванического, ни теплового контакта с конической частью. Катод крепился над горелкой, так что расстояние от него до среза горелки составляло 30 мм. Температура и тепловой поток на закругленную часть измерялись с помощью трех термопар, расположенных в крепящем закругленную часть стержне и в собственно электроде. Вторым электродом являлся корпус горелки.

Источником резонансного излучения был импульсный лазер на красителях с ламповой накачкой $F\lambda - 3000$ фирмы „Лямбда физикс“. Лазер был настроен в резонанс с оптическим переходом натрия 589.0 нм. Энергия импульса составляла 20 мДж, этого было достаточно для достижения режима насыщения [4]. Ширина линии генерации 0.1 нм, длительность импульса 0.5 мкс, частота повторения импульсов составляла в экспериментах 3 Гц. Излучение фокуси-

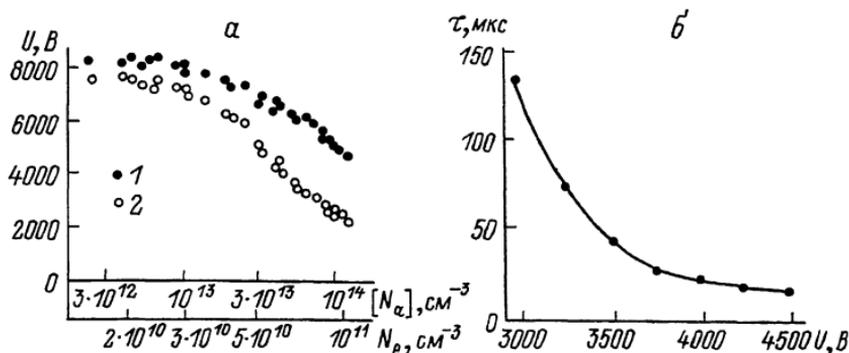


Рис. 2. а - зависимость напряжения контракции от концентрации атомов натрия и электронов в отсутствие внешнего возмущения (1) и при иницировании перехода лазером (2); б - зависимость задержки между импульсом лазера и переходом разряда в контрагированное состояние от приложенного напряжения.

$[\text{CO}_2], \text{см}^{-3}$	$[\text{N}_2], \text{см}^{-3}$	$[\text{H}_2\text{O}], \text{см}^{-3}$	$u, \text{м/с}$
$3.68 \cdot 10^{17}$	$2.52 \cdot 10^{18}$	$5.45 \cdot 10^{17}$	2.0
$T_{\text{пл}}, \text{К}$	$T_{\text{эл}}, \text{К}$	$\varphi_{\text{расч}}, \text{Мвт/м}^2$	$\varphi_{\text{изм}}, \text{Мвт/м}^2$
2090	500	0.15	0.13

ровалось линзой с фокусным расстоянием 150 мм (рис. 1), диаметр пятна в точке фокусировки 0.3 мм. Измерения температуры, концентрации натрия, напряжения возникновения контракции, управление лазером полностью автоматизированы в стандарте КАМАК.

В таблице приведены сведения о составе пламени, скорости потока, температурах пламени и электрода, рассчитанном и измеренном тепловом потоке на закругленную часть электрода.

На рис. 2,а представлен график зависимости напряжения перехода диффузного разряда в контрагированный от концентрации натрия и электронов в отсутствие внешнего возмущения и при иницировании перехода лазерным излучением, сфокусированным на расстоянии 2 мм от катода. Каждая точка получалась путем усреднения по 10 измерениям, разброс значений не превышал, как правило, 5%. Концентрация электронов вычислялась по формуле Саха. Как видно из рисунка 2а, контракция может возникать при напряжении, вдвое меньшем, чем в отсутствие внешнего возмущения. При этом снижение напряжения контракции практически линейно связано с расстоянием между катодом и точкой фокусировки, и при концентрации натрия $1.1 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$ влияние лазера исчезает на расстоянии 11 мм от катода.

На рис. 2,6 представлен график зависимости задержки между импульсом лазера и моментом перехода диффузного разряда в контрагированный от приложенного напряжения. Специальные зондовые измерения показали, что анодное падение потенциала в данных условиях отсутствует. Ток диффузного разряда не превышал 100 мка, так что падением потенциала в слое плазмы можно пренебречь и считать, что приложенное напряжение есть падение потенциала в прикатодной области. Зависимости задержки от расстояния между точкой фокусировки и катодом не наблюдалось.

Предполагаемым механизмом влияния лазерного излучения на переход диффузного разряда в контрагированный является следующий. В точке фокусировки происходит выравнивание населенностей уровней 3^2S и 3^2P натрия, что практически эквивалентно снижению потенциала ионизации на 1.7 эВ. Это приводит к локальному повышению концентрации электронов, которое вызывает импульс тока. Импульс тока инициирует развитие неустойчивости в прикатодном слое. Поскольку время прорастания канала в данных условиях значительно меньше наблюдаемой задержки, ее можно интерпретировать как время развития неустойчивости в прикатодном слое. При этом следует отметить, что нестабильность задержки в данных условиях не превышает 5%.

Таким образом, использование резонансного излучения для исследования устойчивости разряда является достаточно удобным, поскольку локализацию пятна излучения легко изменить и отсутствуют неконтролируемые возмущения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Персианцев И.Г., Рахимов А.Т., Суэтин Н.В., Тимофеев М.А. // Физика плазмы. 1983. Т. 9. № 3. С. 637-641.
- [2] Мазалов Д.А., Напартович А.П., Паль А.Ф. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. Вып. 20. С. 1865-1870.
- [3] Мохов А.В., Нефедов А.П. // ТВТ. 1987. Т. 25. № 5. С. 852-860.
- [4] Мохов А.В., Нефедов А.П. // ТВТ. 1985. Т. 23. № 3. С. 620-621.

Институт высоких температур
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
25 июля 1989 г.