

Разряд низкого давления, индуцированный микроволновым излучением со скачками фазы

***Карась В.И., д.ф.-м.н., проф, Алисов А.Ф., Артамошкин А.М., к.ф.-м.н.,
Болотов О.В., Голота В.И., к.ф.-м.н., Егоров А.М., д.ф.-м.н.,
Загребельный И.А., Карась И.В., к.ф.-м.н.***

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»
Национальной академии наук Украины, ул. Академическая, 1, Харьков, 61108,
Украина, +380577001146, karas@kipt.kharkov.ua*

Загородний А.Г., Засенко В.И.

Институт теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова, НАН Украины

Потапенко И.Ф.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Старостин А.Н.

ФГУП РНЦ “Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований”

Мы ранее предложили инициировать микроволновый разряд в газе МВИССФ. Сформулировали соображения о преимуществах такого разряда и сделали некоторые оценки.

В данном докладе мы строго доказываем декларируемые преимущества теоретически и экспериментально:

- (1) скачки фазы способны обеспечить разряд при достаточно низких давлениях, не вызывая большой диффузии;
- (2) скачки фазы обеспечивают бесстолкновительный нагрев электронов, что позволяет избежать потерь энергии на неупругие и упругие соударения;
- (3) благодаря скачкам фазы разряд будет достаточно однородным по пространству и во времени, так как МВИССФ хорошо проникают в плазму сверхкритической плотности.

Экспериментальные и теоретические исследования пробоя в разреженном газе импульсным СВЧ-излучением со стохастическими скачками фазы в различных режимах работы пучково-плазменного генератора показали:

- Для СВЧ-излучения со стохастическими скачками фазы диапазон давлений рабочего газа, в котором осуществляется его пробой, в отличие от регулярного СВЧ-излучения того же спектрального диапазона, очень сильно (более чем на порядок) расширяется в сторону низких давлений, оставаясь практически неизменным со стороны высоких давлений;
- Это позволяет расширить по давлению область существования разряда и существенно повысить его эффективность в результате снижения потерь энергии на его зажигание и стабильное поддержание (эффективное проникновение такого СВЧ-излучения в плотную плазму, бесстолкновительный нагрев электронов, ослабленная диффузия, снижение потерь на упругие и неупругие соударения).

Теоретические и экспериментальные исследования пробоя в разреженном газе импульсным МВИССФ в различных режимах работы ППГ показали:

- Для МВИССФ диапазон давлений рабочего газа, в котором осуществляется его пробой, в отличие от регулярного СВЧ-излучения того же спектрального диапазона, практически не изменяясь со стороны высоких давлений, очень сильно (почти на порядок) расширяется в сторону низких давлений.

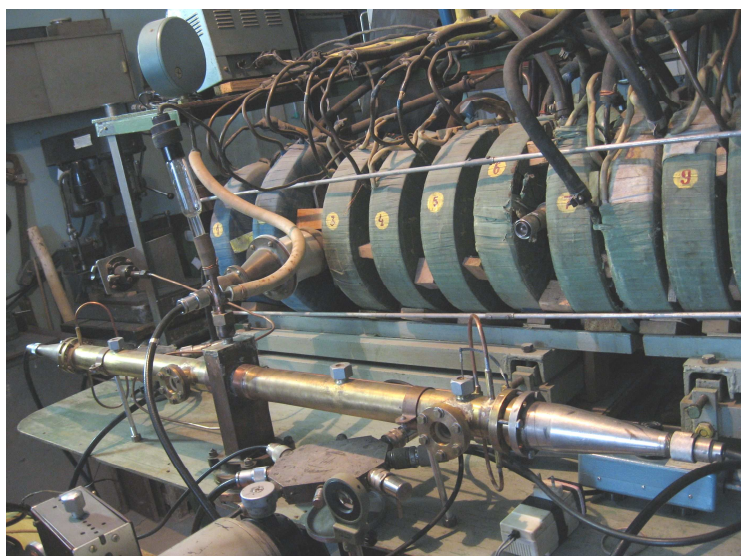


Рис. Экспериментальная установка для исследования разряда низкого давления, инициируемого МВИССФ

- Для СВЧ-излучения со стохастическими скачками фазы можно расширить область существования разряда и снизить потери энергии на его поддержание.
- Установлено, что: для уменьшения мощности СВЧ излучения, необходимой для пробоя и поддержания разряда, требуется оптимизация частоты скачков фазы микроволнового излучения, что достигается увеличением тока электронной пушки ППГ генератора.

Вследствие сильного поглощения мощности МВИССФ при зажигании разряда в длинном коаксиальном волноводе разряд становится неоднородным по его длине, а именно, амплитуда электрического поля уменьшается более, чем на порядок на выходе из коаксиального волновода.

При горении разряда в спектре сигнала на выходе из коаксиального волновода практически отсутствуют спектральные компоненты, отвечающие максимуму спектра на входе в коаксиальный волновод. Ионизация газа при поддержании МВИССФ разряда в использованном коаксиальном волноводе приводит практически к полному затуханию на выходе из него основных спектральных составляющих.

С понижением давления воздуха оптическое излучение из разряда становится более коротковолновым, так если при давлении 20 Па излучение – красное, то при понижении давления на порядок оно становится синим.

СВЧ-колебания и свечение разряда существуют во времени практически на протяжении всей длительности импульса тока электронного пучка ППГ.

При частоте МВИССФ и частоте скачков фазы, наблюдаемых в проведенных исследованиях, для создания и стационарного горения разряда в воздухе достаточно напряженности электрического поля 50 В/см.

Разработана программа SPECRAY, которая позволяет в приближении термодинамического равновесия для нерассеивающей среды вычислять спектральную плотность мощности излучения вдоль луча с известным распределением коэффициента поглощения для различных газовых смесей.

Результаты работы могут быть использованы для разработки нового типа высоко-эффективных источников оптического излучения с квазисолнечным спектром, которые позволят сделать принципиальный прорыв в области светотехники.