

В заключение отметим, что разработанный нами волоконно-оптический датчик по пороговой чувствительности к постоянному магнитному полю сравним с чувствительностью, достигнутой в последних разработках волоконно-оптических датчиков на магнитострикционном эффекте в магнитомягких аморфных сплавах [1]. В то же время он выгодно отличается простотой конструкции чувствительного элемента и снижением требований к шумам интерферометра.

Авторы благодарят Н.Н. Колачевского и В.Т. Потапова за обсуждение работы и А.Н. Залогина за помощь в эксперименте.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] D a g e n a i s D.M., B u c h o l t z F., K o o K.P., D a n d r i d g e A. // J. Light-wave Technol. 1989. V. 7. N 6. P. 881-885.
- [2] A n d r e s M.V., T u d o r M.J., F o u l d s K.W.H. // Electr. Lett. 1987. V. 23, N 15. P. 774-775.
- [3] М а л о в В.В. Пьезорезонансные датчики, М.: Энергоатомиздат, 1989. 33 с.
- [4] Б р а г и н с к и й В.Б., М а н у к и н А.Б. Измерение малых сил в физических экспериментах. М.: Наука, 1974.
- [5] J a c k s o n D.A. // J. Phys. E.: Sci. Instrum. 1985. V. 18. P. 981-1001.

Поступило в Редакцию
23 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 15

12 августа 1990 г.

04; 09

© 1990

ДИНАМИКА И СТРУКТУРА СВЧ-РАЗРЯДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В.В. Б а р а н о в, В.Г. Б р о в к и н

Последнее десятилетие СВЧ-разряд активно изучается в экспериментальных и теоретических работах [1-2]. Авторы отмечают скачкообразный характер движения фронта ионизации, неоднородность его структуры и указывают на важную роль ионизационно-перегревной неустойчивости и быстрого нагрева газа в распространении разряда.

Однако сравнительно недавно появились работы [3-4], в которых рассмотрена стримерная модель разряда, где высказано предположение о пространственно-непрерывном характере его движения. Модель дает скорости разряда, близкие к экспериментальным значе-

ниям, и в ней отсутствует проблема нагрева газа. В [5] на основе экспериментальных данных был установлен связанный характер распространения инициированного СВЧ-разряда высокого давления и предложены пути для анализа структурно сложных разрядов.

В настоящей работе представлены результаты дальнейшего экспериментального изучения динамики и структуры разряда методом скоростной съемки. Исследования были выполнены в воздухе в диапазоне давлений $p \approx 150-760$ Тор.

Параметр E/N (E – среднеквадратичная напряженность электрического поля волны, N – концентрация нейтральных молекул газа) изменялся в пределах $(8 \cdot 10^{-16} - 16 \cdot 10^{-16})$ В·см². Амплитуда электрического поля СВЧ волны ($f=7.0$ ГГц) не превышала 4 кВ/см, а длительность импульса (τ) достигала 50 мкс.

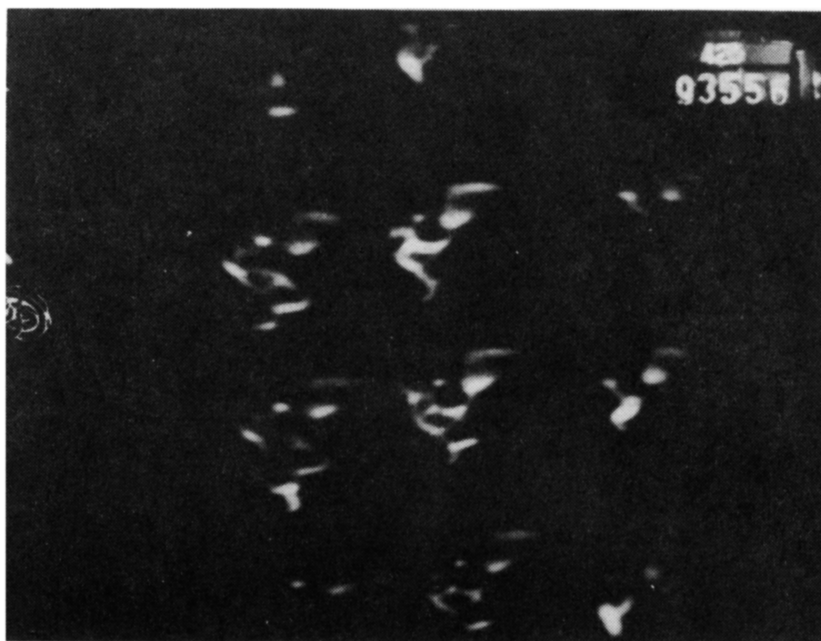
Для инициации разряда применялась металлическая „метелка“. Разряд фотографировался в видимом диапазоне скоростным фоторегистратором типа ЛВ-03 с электронно-оптическим преобразователем. Регистратор работал в режиме кадровой съемки изображения с разверткой на 16 кадрах; отдельные кадры следуют через 1 и 3 мкс. Длительность экспозиции отдельных кадров составляла 0,5 и 2 мкс соответственно.

Обрисует общий характер развития разряда (см. рис. 1, а, б). Свечение первичного пробоя наблюдается на инициаторе, откуда стартует наклонный к вектору \vec{E} и ориентированный навстречу падающему СВЧ излучению разрядный канал. Он располагается в плоскости векторов \vec{E} и \vec{k} и вытягивается до размера ≈ 1.2 см, далее изгибается (угол изменяется в пределах $55-70^\circ$) и вновь прорастает до ≈ 1.2 см.

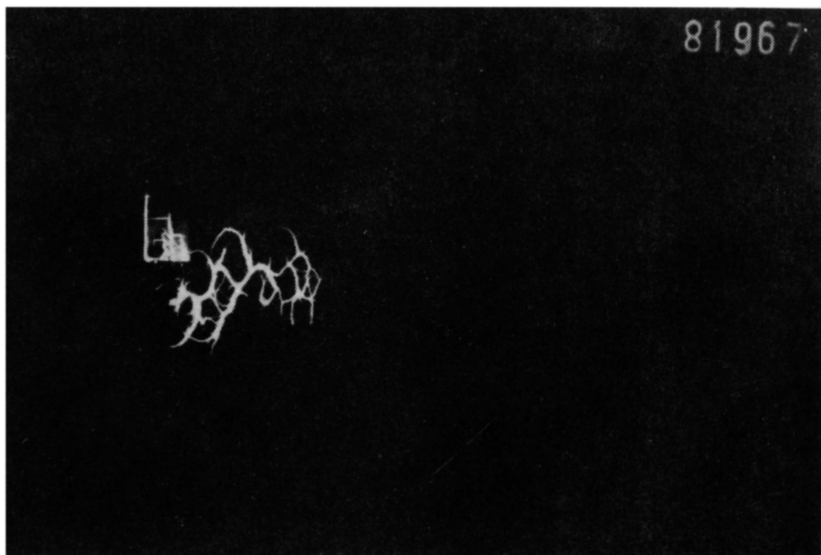
Вблизи точек изгиба основного канала появляются новые ветви примерно тех же размеров и ориентированные вдоль \vec{E} . Остающиеся сзади каналы замыкаются на начальные области пробоя. Далее процесс повторяется. С увеличением τ и амплитуды E поперечный размер разрядной области увеличивается до $\sim 3.5-4.5$ см, а число каналов на единицу объема возрастает. Одновременно из областей перегибов отрастают каналы, ориентированные вдоль вектора \vec{H} .

Таким образом, движение разряда в целом имеет непрерывный „пилообразный“ характер с углом наклона каналов друг к другу $\sim 55-70^\circ$. В узловых точках формируются дополнительные каналы (ориентированные вдоль векторов \vec{E} и \vec{H}), длина которых близка к четверти длины излучаемой СВЧ-волны, т.е. $\sim \lambda/4$. Время роста (до размера $\lambda/4$) отдельного канала составляет ~ 1 мкс при $E \geq 2$ кВ/см, которое увеличивается с уменьшением E и увеличением давления. Мы считаем, что разряды высокого давления (при $E/N \approx 8 \cdot 10^{-16} - 16 \cdot 10^{-16}$ В·см²) развиваются в соответствии с приведенным выше сценарием, на что указывает подобие их структур в СВЧ диапазоне.

Рассмотрим вероятную, на наш взгляд, качественную модель развития инициированного СВЧ-разряда. Образование плазмы в окрестности инициатора равносильно возникновению сосредоточенной активной нагрузки для падающей волны, так как в интервале давлений



α



δ

Характерные фотографии динамики СВЧ разряда (а) и его интегральной фотографии (б) при атмосферном давлении в воздухе: $E \approx 2,6$ кВ/см, $\tau = 20$ мкс; на рис. 1, а счет кадров справа налево, снизу вверх, время экспозиции одного кадра 0,5 мкс.

от 150 Тор до атмосферного частота столкновений электронов с молекулами (ν_{CT}) значительно превышает круговую частоту СВЧ-поля ($\omega = 2\pi f$), а размер области поглощения меньше λ . Далее происходит линейный рост плазменного шнура до размера $\sim \lambda/4$. По всей видимости, к окончанию периода роста наступает режим согласования нагрузки с падающей волной, т.е. происходит ее ограничение в свободном пространстве. На конце сформировавшегося несимметричного вибратора длиной $l \approx \lambda/4$ достигается максимальная напряженность поля, и из этой зоны навстречу излучению стар-тует новый наклонный стример. Возможно, из-за недостаточно вы-сокой проводимости „основных“ каналов, а также для увеличения эффективности согласования с ними вблизи зон изгиба формируются дополнительные четвертьволновые шнуры. Известно [6], что мак-симальный импеданс поглощающей согласованной среды не превы-шает половины импеданса (Z) свободного пространства. Такой подход позволяет оценить минимальное значение электронной кон-центрации (N_e) в шнуре, считая его сопротивление равным $Z/2 \approx \approx 190 \text{ Ом}$.

Из соотношения $R = 4 \cdot l/6 \cdot \pi d^2$ (где $l \approx 1 \text{ см}$, $d \approx 0.1 \text{ см}$ — экс-периментальные значения длины и диаметра канала) найдем элект-ронную проводимость канала (σ) и, имея в виду, что $\nu_{CT} \gg \omega$, из соотношения $N_e \approx \delta \cdot \nu_{CT} / 2.82 \cdot 10^{-4}$ [7] определяем значение $N_e \approx \approx 10^{16} \text{ см}^{-3}$ в отдельном канале разряда атмосферного давления. Таким образом, базовые элементы с линейными размерами $\sim \lambda/4$ возможно являются несимметричными вибраторами, которые с опре-деленной периодичностью располагаются в разрядной области. Ха-рактерные размеры каналов, их пространственная ориентация и осо-бенности энергопоглощения определяются длиной волны, структурой электромагнитного поля в зоне разряда и углом схождения СВЧ пучка. Мы полагаем, что в целом разрядные каналы формируют управляемую внешним полем периодическую пространственно-непрерывную структуру, которая, по-видимому, выполняет функцию адап-тивной антенны и обеспечивает оптимальный прием СВЧ энергии.

В заключение авторы выражают признательность Ю.Ф. Колесни-ченко за полезные замечания, высказанные в ходе обсуждения ра-боты, а также Г.Н. Архипову и Н.С. Рубцову за помощь, оказанную при проведении экспериментов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Б а т а н о в Г.М., Г р и ц и н и н С.И., К о с с ы й И.А. и др. Труды ФИАН. М.: Наука, 1985. Т. 160. С. 174–203.
- [2] Г о л у б е в С.В., Г р и ц и н и н С.И., З о р и н В.Г. и др. В кн.: Высокочастотный разряд в волновых полях. Горький: ИПФ АН СССР, 1988. С. 136–197.
- [3] К о л е с н и ч е н к о Ю.Ф. В кн.: Тез. докл. П Всес. сов. „Высокочастотный разряд в волновых полях“. Куйбышев: КГПИ, 1989. С. 26–27.

- [4] Колесниченко Ю.Ф. В кн.: Тез. докл. Всес. семинара по высокочастотному пробую газов. Тарту: ТУ, 1989. с. 53.
- [5] Бровкин В.Г., Колесниченко Ю.Ф. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 3. С. 55-59.
- [6] Крауфорд Ф. Волны. М.: Наука, 1974. 527 с.
- [7] Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987. 591 с.

Поступило в Редакцию
17 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 15

12 августа 1990 г.

05.2

© 1990

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР В КАЧЕСТВЕ МИШЕНЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КОЛЛИМИРОВАННОГО ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКИХ КВАНТОВ

Ю.И. Дудчик, Ф.Ф. Комаров,
М.А. Кумахов, Д.Г. Лобочкий,
В.С. Соловьев, В.С. Тишков

Многослойные структуры, состоящие из чередующихся слоев двух веществ с различными диэлектрическими проницаемостями, находят применение в рентгеновской технике. Известно [1], что они эффективно отражают излучение мягкого рентгеновского диапазона длин волн. В [2] предложено использовать многослойные структуры для транспортировки (фокусировки) жесткого рентгеновского и гамма-излучения. Предполагается, что излучение в этом случае будет распространяться вдоль структуры в волноводном режиме по "каналам" из материала с большим значением показателя преломления. В [3] рассмотрена возможность использования структур как мишеней для генерации переходного рентгеновского излучения. Естественно, что параметры структуры (толщина слоев, их количество, качество границ раздела и т.д.), необходимые для получения положительного эффекта, будут различны в каждом из указанных случаев.

В данном сообщении показана еще одна возможность использования многослойных структур в рентгеновской технике для генерации узкоколлимированных пучков тормозного и характеристического рентгеновского излучения. Ранее мы продемонстрировали работоспособность обсуждаемого источника излучения в [4]. При этом роль тормозной мишени играл рентгеновод, образованный плотно сжатыми полированными кремниевыми пластинами. Однако в [4] не