Роль токовых филаментов в длинной искре в воздухе

А.В. Огинов, А.А. Родионов, К.В. Шпаков

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, РФ, oginov@lebedev.ru

Последние исследования природных молний показывают, что во время гроз могут генерироваться излучения высоких энергий. Помимо жесткого рентгеновского и гамма- излучений [1], также наблюдена генерация нейтронов [2]. В лабораторных условиях протяженного искрового разряда с близкими к молниевым параметрами также была обнаружена генерация нейтронов [3]. В работе рассматриваются возможная модель и механизм, объясняющий выход жесткого рентгеновского излучения и вспышек нейтронов во время атмосферного разряда в воздухе.

Исследования искровых разрядов длиной 500–700 мм в воздухе при различных начальных распределениях электрического поля проводились на установке ЭРГ ФИАН (1 МВ, 60 кДж, фронт 150 нс). За образованием объемной стримерной короны с током 0.2–1.0 кА на обоих электродах при атмосферном давлении следует формирование канала лидера с током 12 кА. Наблюдается микроструктура лидерной стадии разряда длительностью 200–1200 нс (рис.1).



Рис. . Автограммы разрядов на поверхности электродов.

Было исследовано распределение микроканалов (филаментов) мкм-масштаба по сечению лидера диаметром в единицы мм вблизи электродов и в разрядном промежутке. Для оценки плотностей тока в отдельных микроканалах использовались оптическая и автограммная диагностики. Ранее было показано [4], что токовая структура лидера может быть связана с неустойчивостью фронта волны ионизации, дающей стримеры. С другой стороны токовые филаменты можно рассматривать как квазиравновесные структуры с сильным радиальным электрическим полем, обусловленным эффектом Холла [5]. Рассмотрена возможность переноса тока релятивистскими электронами, дрейфующими в скрещенных электрическом и магнитном полях, и ускорение ионов до энергий кэВ-ного диапазона в сильном радиальном электрическом поле в условиях эксперимента. Наблюдаемые экспериментальные результаты сравнены с оценками интенсивности рентгеновского излучения и потока нейтронов по филаментационной модели. Рассмотрена роль вихревых полевых структур, как возможный механизм генерации высокоэнергетичных излучений в атмосферном разряде.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 13-08-01379, 14-08-31397.

Литература

1. H. Tsuchiya, T. Enoto, T. Torii et al. Observation of an Energetic Radiation Burst from Mountain-Top Thunderclouds, Phys. Rev. Lett. 102, 255003 (2009).
2. A.V. Gurevich, V. P. Antonova, A. P. Chubenko et al. Strong Flux of Low-Energy Neutrons Produced by Thunderstorms, Phys. Rev. Lett. 108, 125001 (2012).
3. A. V. Agafonov, A. V. Bagulya, O. D. Dalkarov et al. Observation of Neutron Bursts Produced by Laboratory High-Voltage Atmospheric Discharge, Phys. Rev. Lett., 111, 115003 (2013).
4. A.V. Oginov, K.V. Shpakov, E.V. Akkuratova, Structure of current channels in a long spark in air, Book of abstracts of 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, 14–17 June 2010, Prague, p. 51.
5. А.В. Гордеев, Т.В. Лосева, Сб. тезисов докладов XXXIII Международной конференции по физике плазы и УТС, 13 – 17 февраля 2006 г., Звенигород, c. 246.