ПЛАЗМЕННАЯ АНТЕННА-УСИЛИТЕЛЬ НА СВЧ РАЗРЯДЕ

О.Б. Дементьева

Московский государственный университет технологий и управления, Москва, Россия, obd\_2004@rambler.ru

Плазменные антенны вызывают все возрастающий интерес в силу ряда их преимуществ, в частности, малого радарного сечения. Однако для получения электронной плотности, сравнимой с металлом, необходимы большие затраты электроэнергии [1].

Особый интерес для антенных приложений могут представлять резонансы плазмы. Явление плазменного резонанса – резкое возрастание амплитуды колебаний электронов и продольного электрического поля [2].

В работах [3,4] описано явление резонансного усиления внешнего поля СВЧ разрядом на пороге II-го ленгмюровского резонанса (субрезонанс). При этом нелинейные эффекты существенно влияют на структуру плотности и поля. Известно [5], что структуры гораздо лучше поглощают свободную энергию, чем линейные среды.

В докладе представлена задача о самосогласованном радиальном распределении электронной плотности, поля и потенциала в неравновесной плазме СВЧ разряда вблизи резонансов, с учетом вероятностных диффузионных членов и стрикционных эффектов поля накачки. Вблизи второго ленгмюровского резонанса (субрезонанс) на оси разряда плотность максимальна, у стенок – широкие плато с малой плотностью. Внешний слой малой плотности – двойной слой, образует электростатическую оболочку плазменного объема. Для электромагнитных волн этот слой – «вакуумная щель» – имеет свойства, близкие к свойствам вакуума. Поэтому стрикционное действие поля накачки является механизмом стабилизации разряда, удерживая плазму вдали от стенок.

Если параметры накачки обеспечивают слоистую структуру плазмы и в волновом слое выполняются условия возникновения плазмонов, то плазменный столб способен усиливать и излучать поле потенциала, заданного на границе центрального слоя (передающая антенна). Решение обратной задачи означает, что такая плазма может усиливать и внешнее электромагнитное поле (приемная антенна). Наличие «вакуумной щели» делает возможным проникновение поля в плазму без отражения на границе. Поэтому для высокой проводимости плазменной антенне не требуется такой плотности электронов, как в металлах. Усиление идет на коллективных (волновых) процессах. Эффективность приемной плазменной антенны на субрезонансном СВЧ разряде подтверждена измерениями [3]. Эксперименты с передающей антенной дали интересные результаты: в режиме передачи интенсивность излучения короткой плазменной антенны оказалась на 20 – 30дБ больше, чем металлической.

Литература

1. Anderson Т. Plasma Antennas. Boston, Artech House, 2011, p. 212.
2. Гильденбург В.Б. Плазменный резонанс в лаборатории и верхней атмосфере. Соросовский образовательный журнал, ФИЗИКА, 2000.
3. Dement’eva O.B. Plasma antenna on subresonant discharge. IEEE Catalog Number CFP2587-CDR. ISBN: 978-1-4673-1941-6, 2012.
4. Dement’eva O.B. Plasma antennas based on UHF discharge. IX International Conference “Antenna Theory and Technique”, 2013, Odessa, Ukraine.
5. Diamond P.H., Carreras B.A. Comm. Plasma Phys. Contr. Fusion. 1987. V 10, p.27.