

УДК 537; 537.3; 530.1; 530.3; 533.9

Экспериментальные и теоретические исследования особенностей формирования плазмоидов

Р. Ф. Авраменко, В. А. Гришин, В. И. Николаева,
А. С. Пащина, Л. П. Поскачевева

Научно-исследовательский институт радиоприборостроения, Москва, Россия

На основе концепции существования фона электронного Бозе-конденсата рассмотрен механизм формирования пространственно локализованных плазменных образований — плазмоидов, представляющих собой макроскопические квантовые объекты. Показано, что при определенном выборе параметров электрическая цепь с плазменным элементом может моделировать условия энергообмена плазмоидов с окружающей средой, проявляя при этом свойства макроскопического квантового объекта. Рассмотрены особенности плазмоидных структур, возникающих при использовании одноэлектродного ВЧ-разряда, иницируемого спиральным резонатором. Обнаружено существенное влияние параметров окружающей среды на свойства плазмоидов, в частности на форму плазмоидных структур, размеры. Отмечена аналогия электродинамических свойств плазмоидных образований свойствам сверхпроводников первого и второго рода, а также сверхтекучей жидкости.

Введение

Проводимые теоретические и экспериментальные исследования [1] показывают, что свойства, присущие шаровой молнии (ШМ): низкая газовая температура (до 1000 К) и интенсивность свечения, длительное время существования, устойчивость формы, а также процессы взаимодействия с предметами и веществом, однозначно свидетельствующие о наличии “скрытого” электрического заряда и генерации мощных электрических токов могут наблюдаться в устойчивых плазменных образованиях — плазмоидах. Последние можно трактовать как лабораторные аналоги ШМ. Наличие указанных свойств предполагает существование канала энергетической подпитки и адекватного энергетического резервуара, обеспечивающих энергобаланс плазмоида. Одной из гипотез, высказанной П. Л. Капицей [2], является взаимодействие плазменного образования с СВЧ-излучением дециметрового диапазона, генерируемого разрядами линейной молнии или электрическим полем грозового облака. При этом минимальная энергия СВЧ-излучения должна соответствовать энергосодержанию ШМ. Это заставляет усомниться в возможности существования природного источника электромагнитных волн дециметрового диапазона и вынуждает искать другие источники и каналы энергетической подпитки, а также механизмы формирования ШМ.

К настоящему времени ряд исследователей склоняется к представлению о том, что плазмоидные образования, к которым относится ШМ, могут иметь квантовую природу [1]. Одной из гипотез является представление о существовании естественного фона электронного Бозе-конденсата (ФЭБК) [3], взаимодействие с которым может приводить при определенных условиях к образованию устойчивых плазменных структур. Спектр плазменных колебаний должен соответствовать энергетическому спектру ФЭБК, ряд частот которого, в соответствии с теоретическими и экспериментальными данными, лежит на

уровне десятков мегагерц. Примечательно, что указанный диапазон частот обнаруживается в холодной сильнонеравновесной плазме, в частности в прикатодной области газового разряда низкого давления [4—8].

Данная работа посвящена исследованию некоторых характеристик локализованных плазменных образований в атмосфере, обладающих дискретным спектром энергии, в частности в диапазоне 1—100 МГц.

Теоретические предпосылки энергоданса плазмидов

В основе концепции электронного Бозе-конденсата (БК) лежит фундаментальное утверждение, что Вселенная заполнена не только реликтовым безмассовым фотонным излучением, но и конденсатом электронов типа куперовских пар с отличной от нуля массовой плотностью [3]. Согласно базовым квантовым представлениям заряд электрона является оператором (как и энергия, импульс, координата и т. п.), т. е. находится в скрытом от наблюдателя состоянии до тех пор, пока он не произведет опыт по наблюдению этого заряда.

С учетом замечания об исходной ненаблюдаемости электрического поля "размазанных" частиц фона можно заключить, что физически эффективными и реализуемыми путями перераспределения амплитуды Ψ -волны является, прежде всего, использование "неэлектрических" взаимодействий:

гравитационного взаимодействия;

магнитного (спинового) взаимодействия;

взаимодействия с конвекционными токами (потенциалами Льенар-Вихерта).

Одним из удобных физических объектов для "проявления" электронов БК является плазма и плазмоподобные среды (электролиты, полупроводники и др.). Здесь наряду с протеканием тока электронной проводимости (бегущей волны Ψ -функции электронов) могут независимо (в квазинейтральной среде) формироваться и протекать значительные конвекционные токи (например, положительных ионов), наличие которых создает в системе нелокальную "электродвижущую силу" (отличную от электрического поля), являющуюся функционалом скорости

$$F_c = (e/c) \nabla A_c v_c,$$

где e — заряд,

c — скорость света,

A_c — векторный потенциал магнитного поля конвекции.

Электромеханический перенос зарядов (конвекция) в плазменной или плазмоподобной среде связывает эту среду с окружающими материальными объектами за счет силы F_c . В общем случае, отличия энергосодержания в плазмоподобной и в окружающей среде, между ними возможен обмен энергией при сохранении крупномасштабного баланса энергии в соответствии с известными законами сохранения.

Как следует из определения конвекционной силы F_c , она действует как в классическом, так и в квантово-физическом описании на объекты, обладающие зарядом. Такими объектами в окружающей среде являются, согласно [3] и другим работам, электронный БК с отличной от нуля плотностью ρ_{BK} (амплитудой волновой функции) и связанные с атомами и веществом электроны, особенно p -электроны в атомах и электроны вблизи поверхности Ферми в конденсированных средах ($v_{el} \sim c$).

На поверхности Земли ρ_{BK} определяется гравитационным взаимодействием массы Земли и массы БК, связанной с Землей. Эта величина может ва-

рывать, но по порядку величины может быть определена при принятии гипотезы о соизмеримой плотности гравитационной энергии БК (низшая мода) и энергии магнитного поля БК, наблюдаемой как магнитное поле Земли

$$\rho_{\text{БК}} \approx 3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}.$$

Наблюдатель в лаборатории на поверхности Земли может зарегистрировать два вида движения относительно БК. Первый вид — это низшая мода гравитационных колебаний БК, т. е. вертикальные колебания, пространственно образующие столбы, струны, пронизывающие Землю. Второй вид — движение поперек столбов БК за счет вращения Земли (широтная скорость v_0). Обоим видам движения можно сопоставить определенный спектр характерных длин волн и частот колебаний, который можно получить из энергетических соотношений квантовой и классической физики:

$$v_0 = mv_0^2 / ((2)h) = 47,86 (95,72) \text{ МГц (широта Москвы);}$$

$$v_{\uparrow\downarrow} = (e^2 mv_1^2) / (2ch^2) = 49,87 \text{ МГц (индекс } \uparrow\downarrow \text{ — вертикальные колебания, соответствующие первой космической скорости } v_1).$$

Кроме массы покоя электроны несут и квантовый потенциал [3] $W_q = 2\pi e^2 mc / h = 3,73 \text{ кэВ} = e \cdot \phi_q$. Обычная “электрическая энергия” электронов с учетом “квантовой энергии”, “материализовавшихся”, например, при зарядке конденсатора с емкостью $C = q/\phi$, минимальна при величине емкости (для данного примера) $C_{\text{opt}} = q/\phi_q = 442,6 \text{ пФ}$.

Указанные частоты могут быть зарегистрированы в электрической цепи, которая при соответствующем подборе параметров может выполнять роль макроскопического квантового объекта. Наличие в цепи конвекционных токов, источником которых может служить плазма газового разряда (особенно в приэлектродных областях), должно приводить к взаимодействию с ФЭБК, т. е. к энергообмену.

Для ШМ дополнительным механизмом энергообмена может служить взаимодействие электронов БК с веществом окружающей среды — воздухом. Этот механизм аналогичен взаимодействию электронов с фононами в сверхпроводниках. Учет указанного механизма приводит к следующим характеристическим параметрам ШМ: диаметр $d \sim 30 \text{ см}$, среднее время жизни $\tau \sim 70 \text{ с}$, энергосодержание $W_{\text{max}} \sim 10^7 \text{ Дж}$.

С учетом сказанного можно предположить, что квантово-механическая структура ШМ подобна резонатору электромагнитных волн. В отличие от него в ШМ образуется стоячая Ψ -волна электронов БК в объеме, размеры которого определяются параметрами среды (в данном случае воздуха). Данный размер можно отождествить с длиной когерентности волновой функции электронов БК в сверхпроводниках [10], т. е. ШМ представляет собой макроскопический квантовый объект, обладающий такими неотъемлемыми свойствами, как сверхтекучесть и сверхпроводимость.

Эти свойства предполагают наличие критического тока (аналог критического тока Джозефсона) и критической температуры, соответствующих переходу из сверхпроводящего (квантового) состояния в нормальное. Критический ток является абсолютной величиной, равной $I = 2emc^2/h = 39,57 \text{ А}$. Для критической температуры теоретические оценки, выполненные с учетом равенства свободной энергии нормального и сверхпроводящего состояний, дают величину порядка 800—1600 К.

Таким образом, процессы энергообмена в электрической цепи с соответствующим плазменным элементом и процессы в ШМ должны иметь одну природу, поэтому исследование параметров энергообмена в электрической

цепи является, по существу, моделированием процессов в ШМ. В отличие от ШМ, где окружающая среда играет, в основном, пассивную роль в формировании плазмоида, использование электрической цепи может приводить к активному влиянию на плотность ФЭБК, особенно в случаях больших мощностей. При этом электромагнитные параметры цепи (волновое сопротивление, коэффициент фазы и др.) определяют характерный квантовый размер (де-Бройлевскую длину волны) плазмодного образования. Наиболее эффективное влияние на процесс формирования плазмодов электрическая цепь должна оказывать в случае совпадения характерных длин волн и частот электромагнитного и де-Бройлевского резонансов.

Помимо указанных частот, связанных с вертикальными колебаниями электронов БК и вращением Земли, в плазме присутствуют также частоты, связанные с движением Земли вокруг Солнца со скоростью ~ 30 км/с, а также с движением Солнечной системы по направлению к созвездию Льва со скоростью ~ 350 км/с. Это приводит к увеличению частотного спектра ФЭБК, который может служить источником энергетической подпитки природных плазмодов, включая ШМ*.

Экспериментальные исследования

Впервые экспериментальные исследования, подтверждающие квантовый характер плазмодных структур, представлены в [1, 11]. В данной работе были проведены исследования для случаев пассивной и активной электрической цепи. Случай пассивной электрической цепи соответствует небольшому уровню мощности источника накачки (до 100 Вт). Электрическая цепь при этом является приемником колебаний ФЭБК. При повышенном уровне мощности источника накачки электрическая цепь оказывает активное влияние на параметры ФЭБК и генерируемых плазмодов. В обоих случаях электрическая цепь является потенциальной ямой для электронов БК.

Исследование пассивного режима проводилось с использованием несимметричной линии с разрядником. Для исследования активного режима использовался спиральный волновод (катушка Тесла), подключаемый к выходу высокочастотного генератора.

Пассивный режим электрической цепи

Для моделирования энергообмена в плазмоидах использовался вариант несимметричной линии длиной $\sim \lambda/2$ для частот ~ 50 МГц, которые соответствуют одной из ветвей спектра колебаний ФЭБК, связанных с Землей.

Линия с волновым сопротивлением $Z_1=100$ Ом была выполнена в виде ленты из фольгированного текстолита, расположенной над проводящей поверхностью. Конструкция линии позволяла изменять ее геометрическую длину l во время экспериментов.

Схема подключения к линии плазменного элемента 2 "короткозамыкающего" конденсатора C_0 , служившего основным источником энергии для процессов возникновения разряда и поддержания его в течение нескольких циклов "частоты накачки", изображена на рис. 1. Периодический пробой промежутка в разряднике 2 создавал в цепи питания пилообразные импульсы зарядного тока с частотой 0—5 кГц при амплитуде напряжения, соответствующей пробую 0,5—4 кВ в зависимости от зазора в разряднике.

* Часто исследователи экспериментально обнаруживают анизотропию Вселенной, вызванную абсолютным движением Галактики. Некоторые ученые пытаются использовать это явление для создания преобразователей энергии окружающей среды. Например, Ю. А. Бауров использует концепцию векторного потенциала Галактики [9] для создания энергоустановок и новых типов движителей. Обнаруженное им направление векторного магнитного потенциала Галактики перпендикулярно абсолютному направлению движения последней (так как магнитное поле перпендикулярно электрическому), что лишний раз подтверждает возможность использования различных источников и каналов преобразования энергии окружающей среды.

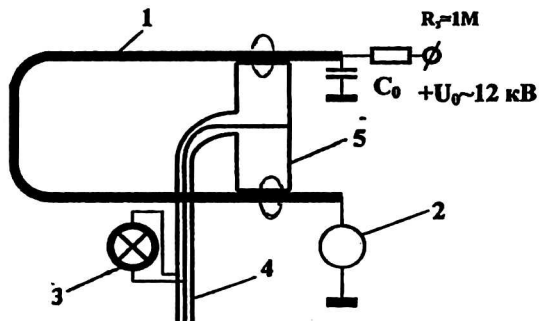


Рис. 1. Линия-тромбон с индуктивно-емкостным датчиком:

- 1 — линия-тромбон с полной длиной $\lambda/4$;
- 2 — плазменный элемент; 3 — нагрузка (лампа накаливания $R_{хол} \sim 50-100 \text{ Ом}$);
- 4 — кабель к осциллографу 50 Ом;
- 5 — индуктивно-емкостной датчик

Небольшая мощность накачки не приводит к существенному искажению спектра ФЭБК, связанного с Землей (слабая связь). Так что в данном случае линия 1 является пассивным приемником. Для выделения составляющей плазменных колебаний использовался подключаемый к нагрузке индуктивно-емкостной датчик, исключающий колебания накачки.

Разрядник — воздушный, состоял из одного или нескольких последовательно соединенных разрядных промежутков между электродами специальной формы. Основной материал электродов — медь, зазор между электродами 0,1—1 мм. Специальная форма электродов обеспечивала непрерывное (от пробоя к пробую) перемещение электродных пятен, что важно для поддержания максимальной амплитуды изучаемых плазменных колебаний.

Выполненные эксперименты включали две серии. В первой изучался спектр плазменных колебаний, поддерживаемых током накачки (колебательным процессом разряда с периодом $\tau_r = 2\pi\sqrt{L_I(C_0 + C_I)}$. Варьируя длину линии l , определяли максимум регистрируемой амплитуды колебаний на частотах диапазона порядка 50 МГц, предсказываемых теорией.

Эксперимент показал, что действительно имеет место общий резонанс в области предсказанных частот. Изучение более тонкой частотной структуры резонанса показало наличие биений двух близких частот, которые можно отождествить с двумя теоретическими 47,5 и 49,5 МГц.

Варьирование величиной емкости C_0 показало, что амплитуда плазменных колебаний имеет максимумы при значениях $C_{01} = 390 \text{ пФ}$ и $C_{02} = 440 \text{ пФ}$, близких к теоретическому оптимуму для одной из мод колебаний БК. Оптимальная длина линии кратна четверти длины волны для выше указанных частот.

Колебания формируются в приэлектродных областях разряда, в которых плазма сильно неравновесна. Это следует из того, что изменение амплитуды колебаний происходит пропорционально увеличению зазора разрядника от 0 до 0,15—0,2 мм. Дальнейшее увеличение межэлектродного расстояния не приводит к росту амплитуды колебаний. При значительном увеличении межэлектродного расстояния (выше 1 мм) может наблюдаться уменьшение амплитуды плазменных колебаний, что обусловливается увеличением температуры плазмы за счет потерь энергии в положительном столбе. При этом амплитуда плазменных колебаний не зависит от тока накачки и практически постоянна.

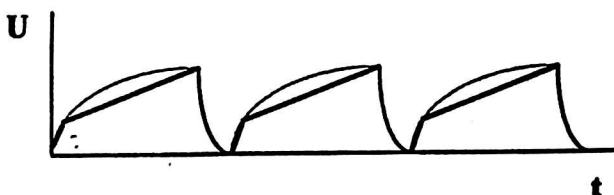
При запитке короткозамкнутой линии (т. е. в отсутствие разрядника) от импульсного источника напряжения указанные частоты не проявлялись. На осциллограммах наблюдались колебания, характерные для затухающих процессов с периодом, определяемым индуктивностью и емкостью линии.

Во второй серии экспериментов осуществлялась демонстрация возможности отвода мощности от плазменных колебаний в низкоомную активную нагрузку — лампу накаливания. Использовались различные лампы накаливания: от миниатюрных типа СМ-15 (~0,5 Вт) до автомобильных 5—10 Вт, 12 В.

Как показано на схеме рис. 1, при подключении лампы (СМ-15) на расстоянии $\sim \lambda/4$ от петли связи датчика на ней выделялась наибольшая мощность. Светимость лампы контролировалась люксометром типа Ю-16. Подключение осциллографа параллельно лампе позволяло контролировать процесс и подтвердить, что лампа горит исключительно от мощности плазменных колебаний.

Наличие значительного “темнового” тока в течение периода T_r регистрировалось по характеру изменения напряжения зарядки на емкости ($C_0 + C_1$), которое только малую часть периода имело классический характер экспоненциального процесса в RC-цепи (рис. 2).

Рис. 2. Типичная осциллограмма напряжения на заряднике



Абсолютная мощность, выделяемая на лампе накаливания, варьировалась в зависимости от частоты повторения $F_p = 1/T_p$, и при частоте ~ 1 кГц на лампе СМ-15 достигала десятых долей ватта. При этом благодаря слабой связи датчика (+лампа) с линии отбиралась лишь малая (до 10 %) часть мощности плазменных колебаний.

Активный режим электрической цепи

Проведенные эксперименты со спиральными волноводами (катушками Тесла) в диапазоне частот 200 кГц — 15 МГц также подтвердили наличие указанного выше спектра частот, в частности при мощностях накачки не более 100 Вт.

Более высокий уровень мощности приводит к активному влиянию резонатора на изменение плотности ФЭБК и формированию пространственных структур, аналогичных ШМ. Параметры спирального резонатора при этом оказывают определяющее влияние на параметры возникающих плазмOIDных структур. Подтверждением являются эксперименты с плазменными генераторами на основе спиральных волноводов с частотой накачки 12—15 МГц.

В экспериментах использовались стандартные ВЧ-генераторы (ЛД2-60 и ВЧИ 4/13, колебательная мощность 63 и 2,5 кВт соответственно) рабочей частотой 10—15 МГц. К выходу ВЧ-генераторов через элементы, обеспечивающие согласование фазовых соотношений, подключались спиральные резонаторы.

Используемые в исследованиях спиральные резонаторы имели следующие параметры: длина намотки $L \sim 50$ —70 мм, число витков $n \sim 40$ —55, диаметр каркаса $D \sim 30$ —60 мм. Геометрические параметры волновода в данной серии исследований не оптимизировались. Главным критерием выбора геометрических параметров было соответствие собственной частоты волновода в режиме четвертьволнового резонанса частоте накачки ВЧ-генератора (13,56 МГц). При этом необходимо иметь в виду, что существуют вполне определенные

геометрические параметры волновода (диаметр, длина, число витков), которые при заданной частоте внешнего возбуждения обеспечивают наиболее устойчивую конфигурацию формируемого плазмоида при минимальных энергозатратах.

Зажигание разряда при атмосферном давлении, в основном, приводит к формированию факела (рис. 3). Факел имеет выраженную структуру: яркую центральную область (кern) и менее яркую оболочку. Образование последней связано с тепловыделением разряда.



Рис. 3. Факельный разряд при атмосферном давлении

При значениях колебательной мощности ВЧ-генератора до 2 кВт длина факела, примерно, равна 1—2 длины намотки катушки. Увеличение колебательной мощности ВЧ-генератора приводит к кратному росту длины факела, т. е. факел имеет волновую структуру, состоящую из перетяжек и утолщений. Период такой структуры примерно равен длине намотки катушки (см. рис. 3).

Состояние среды (статическое давление, наличие потоков и др.) оказывает существенное влияние на характер разряда. Так, при организации выдува газа из высоковольтного электрода (при атмосферном давлении) характер разряда существенно меняется, в частности исчезает высокотемпературная оболочка и в невозмущенной потоком области происходит периодическое образование плазмоидных структур, похожих на линейные молнии (рис. 4). Частота образования структур совпадает с частотой модуляции напряжения питания ВЧ-генератора, что указывает на определенную роль акустических процессов в формировании плазмоидов. Как правило, возникающие структуры расположены в плоскости, перпендикулярной направлению потока газа.

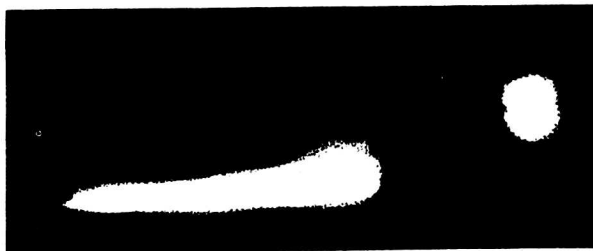


Рис. 4. Формирование плазмоидных структур при атмосферном давлении при организации подачи воздуха (газа) в область факела

Аналогичные структуры возникают при повышении мощности ВЧ-генератора (более 2,5 кВт). При этом возникновение структур носит случайный характер. Образование плазмOIDных структур в данном случае может быть связано с интенсивными тепловыми потоками, которые приводят к перемещению ионизованных плазменных областей и росту конвекционного тока. Наиболее ярко указанный механизм проявляется при организации потока газа в разрядной области (за счет инжекции газа, обдува модели и т. п.). Помимо роста конвекционной составляющей тока это дополнительно приводит к понижению температуры плазмы.

При обдуве модели сверхзвуковым потоком газа* ($M \sim 1,5-3$) существуют два режима горения разряда в зависимости от давления торможения**. При давлениях ниже 150 торр на носовой части модели возникает светящийся шар (рис. 5) диаметром порядка 2,5—3 см. Размер шара совпадает с теоретическими оценками длины когерентности, задаваемой электромагнитными параметрами спирального волновода на частоте 13,5 МГц.

Рис. 5. Формирование плазмOIDных структур в условиях обтекания модели сверхзвуковым потоком ($M \sim 1,5-3$) при давлениях торможения $p^ < 150$ торр*



При давлениях выше 150 торр размер шара уменьшается вплоть до исчезновения и вокруг модели образуется шуба из веретенообразных нитевидных структур, направленных по потоку (рис. 6). В случае неоднородного потока плотность нитей возрастает пропорционально плотности потока, что находится в полном соответствии с теоретическими предпосылками относительно влияния конвекционной силы.

Рис. 6. Формирование плазмOIDных структур в условиях обтекания модели сверхзвуковым потоком ($M \sim 1,5-3$) при давлениях торможения $p^ < 150$ торр*



*Некоторые результаты исследования аэродинамических характеристик описываемых моделей изложены в работах [12, 14].

**Режим обтекания тела и характер возникающих плазмOIDных структур существенно зависят от свойств материалов высоковольтного электрода и оболочка модели. В данной серии экспериментов использовался высоковольтный электрод, изготовленный из диамагнетика (медь, латунь). В качестве материала корпуса использовался фторопласт.

Таким образом, обнаруживается существование критического давления торможения, при котором происходит изменение масштаба плазмOIDных структур. Похожий переход наблюдается также в экспериментах с выдувом газа из высоковольтного электрода модели при атмосферном давлении, когда происходит периодическое образование структур, похожих на линейные молнии (см. рис. 4). Обдув потоком воздуха головной части модели приводит к исчезновению крупномасштабных "молний" и появлению нитевидных структур аналогичных изображенным на рис. 6, с характерным диаметром порядка 1 мм. Структурному переходу в этом случае соответствует напор потока не более $5 \cdot 10^3$ Па. Увеличение напора в диапазоне 10^5 — 10^6 Па не приводит к видимому изменению режима горения разряда, аналогичному сверхпроводнику второго рода.

Измеренная с помощью термотаблеток газовая температура плазмы на поверхности модели не превышает 120 °С. При увеличении энергии ВЧ-генератора на поверхности модели происходит возникновение ярких привязок, оставляющих следы разрушения в виде глубоких борозд вдоль образующей поверхности (см. рис. 5).

Анализ этих фактов показывает, что проявляемые в экспериментах свойства плазмOIDных структур можно сопоставить свойствам сверхпроводников и сверхтекучей жидкости. Например, для структурного изменения плазмOIDов, возникающего вследствие влияния потока газа, можно условно применить аналогию со сверхпроводниками первого и второго рода*. Давлениям торможения до 150 торр можно сопоставить сверхпроводимость первого рода. Размер области, занимаемой шаром, определяется, в основном, параметрами электрического контура. По-видимому, в этой области давлений торможения набегающего потока влияние среды на параметры плазмOIDа является минимальным.

Увеличение давления торможения приводит к росту влияния параметров набегающего потока на формирование плазмOIDных структур. По аналогии с механизмом сверхпроводимости второго рода (учитывая принцип минимума свободной энергии) в данном случае возможно образование вихревых зон, соответствующих веретенообразным структурам. Последние можно сопоставить с вихрями Абрикосова. Положение нитей определяется параметрами потока, в частности направлением и градиентом (см. рис. 6). Существует также тенденция привязок нитей к неоднородностям (например, к поверхностным неоднородностям), что показывает аналогию с явлением пиннинга [10].

Наблюдаемое в экспериментах при обдуве головной части модели распространение нитей навстречу набегающему потоку (см. рис. 6) позволяет провести аналогию со свойствами сверхтекучей жидкости. Одним из таких известных свойств является распространение сверхтекучей и нормальной компонент навстречу друг другу, что обеспечивает минимальное значение интегрального массопереноса, либо его полное отсутствие [13]. Данное свойство проявляется в области существования нитевидных структур, т. е. при давлениях торможения 150 торр и выше, а также при обдуве головной части при атмосферном давлении. Величина напора в последнем случае достигала 10^6 Па. Существенного изменения характера распространения нитевидных структур не наблюдалось.

* Применяемая аналогия носит условный характер, поскольку в общем случае тип сверхпроводимости определяется соотношением между длиной когерентности и глубиной проникновения магнитного поля. Более глубокий анализ показывает, что для большинства способов формирования плазмOIDов (электромагнитное, гравитационное и другое взаимодействие) длина когерентности существенно меньше глубины проникновения магнитного поля, что соответствует сверхпроводимости второго рода (Лондоновский сверхпроводник).

Повышение температуры плазмы выше критического значения приводит к разрушению сверхпроводящего состояния с выделением энергии связи пар. Данным механизмом обусловлено, по-видимому, появление ярких шнуров на поверхности модели (см. рис. 5). Разрушение поверхности модели в случае привязки шнуров говорит в пользу термического воздействия, вызванного разрушением пар. Образование шнуров (зон разрушения электронных пар) происходит при увеличении вкладываемой в разряд мощности ВЧ-генератора, например, при увеличении мощности за счет перехода от двухполупериодного однофазного режима питания анода лампы к трехфазному режиму.

Выводы

1. Проведенные эксперименты показывают, что при выполнении определенных условий электрическая цепь с плазменным промежутком проявляет ярко выраженные свойства макроскопического квантового объекта. В зависимости от мощности, вкладываемой в электрическую цепь, последняя может выполнять роль пассивного приемника колебаний ФЭБК либо активно влиять на изменение его параметров, определяя при этом параметры плазмоидных образований.

2. Проведенное моделирование механизмов энергообмена в пассивной электрической цепи позволило обнаружить высокочастотные плазменные колебания в районе центральной частоты ~ 50 МГц, а также резонансный максимум при значении емкости порядка 400 пФ. Это соответствует теоретическим предпосылкам о природе и механизмах энергообмена в цепи с плазменными элементами. Данный механизм может быть основным при формировании природных плазмоидов, в том числе ШМ.

3. Образующиеся в результате воздействия активной электрической цепи плазмоидные образования проявляют свойства, во многом аналогичные сверхпроводникам и сверхтекучей жидкости. Обнаружено влияние параметров плазмообразующей среды (воздуха) на масштаб плазмоидных структур.

4. Для обеспечения устойчивого существования сверхпроводящего (квантового) состояния плазмоидов при минимальных затратах энергии электрической цепи необходимо обеспечение оптимальных геометрических соотношений формируемой линии, а также низкой газовой температуры плазмы. Превышение критической температуры и критического тока приводит к разрушению сверхпроводящего состояния с выделением энергии, равной энергии связи пар.

5. Как показано экспериментально, существует возможность использования плазменных колебаний для создания преобразователей энергии окружающей среды в требуемую форму (по аналогии с тепловым насосом). Кроме того, рассмотренный механизм формирования плазмоидов может иметь широкий спектр применения, в частности при решении задач аэродинамики, уменьшения шума (в том числе связанного со сверхзвуковым истечением), каналирования энергии и др.

Литература

1. Шаровая молния в лаборатории. — М.: Химия, 1994.
2. Капица П. Л. О природе шаровой молнии//В кн.: Эксперимент, теория, практика. — М.: Наука, 1987. — 496 с.
3. Авраменко Р. Ф., Николаева В. И. Квантовая энергия электронного Бозе-конденсата в окружающей среде. — М.: Химия, 1991. — 32 с.
4. Avramenko R. F., Burdakov V. P., Yevchenko N. V., Klimov A. I., Lebedev P. D., Nikolayeva V. I., Paschina A. S., Somik B. V., Fediayev M. U. Problems of Energy and Motor Installations for Spacecraft// Acta Astronautica. 1998. V. 43. № 1-2. P. 63-64.

5. Раховский В. И. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме. — М.: Наука, 1970. — 536 с.
6. Грановский В. Л., Быховская Л. И. //ЖЭТФ. 1946. Т. 16. С. 823.
7. Кесаев И. Г. //То же. 1964. Т. 34. С. 1482.
8. Клярфельд Б. Н. //Электричество. 1962. № 5. С. 70.
9. Бауров Ю. А. О структуре физического пространства и новом взаимодействии в природе //Физическая мысль России. 1994. № 1, август. С. 18—41.
10. Солимар Л. Туннельный эффект в сверхпроводниках и его применение. — М.: Мир, 1974. — 430 с.
11. Авраменко Р. Ф. и др. Исследование плазменных образований, инициируемых эрозийным разрядом // ЖТФ, 1990. Т. 60. №12.
12. Beaulieu W., Bityurin V., Klimov A., Leonov S., Paschina A., Timofeev B. Plasma Aerodynamic WT Tests with 1/6 Scale Model of Nose Part of F-15. //Perspectives of MHD and Plasma Technologies in Aerospace Applications.— М.: IVTAN, 1999. P. 44—46.
13. Тилли Д. Р., Тилли Дж. Сверхтекучесть и сверхпроводимость. — М.: Мир, 1977.
14. Avramenko R. F., Grishin V. A., Nickolayeva V. I., Paschina A. S. Some Features of the Plasmoid Formation with reference to Aerodynamic Problems. //Perspectives of MHD and Plasma Technologies in Aerospace Applications. — М.: IVTAN, 1999. P. 134—136.

Авторы признательны сотрудникам Московской технической компании А. И. Климову и С. Б. Леонову за постановку работ в части организации продувок моделей спиральных резонаторов в аэродинамических трубах и в вакуумных стендах, а также выражают благодарность сотрудникам МАИ П. Д. Лебедеву, Б. В. Сотнику, С. Д. Смирнову, О. М. Баширову и сотруднику ГосНИИАС В. П. Небольсину за техническое обеспечение указанных работ.

Experimental and theoretical researches of the plasmoids forming singularities

R. F. Avramenko, V. A. Grishin, V. I. Nikolayeva,
A. S. Paschina, L. P. Poskacheyeva

Scientific Research Institute of Radio Device Engineering, Moscow, Russia

On the basis of the natural phone of electronic Bose-condensate (PEBC) existence concept the mechanism of the spatially localized plasma formations — plasmoids — being the macroscopic quantum objects is considered. It is shown, that the particular selection of the electric parameters, containing the plasma element, can model the energy exchange within the plasmoids and the surrounding medium, exhibiting the macroscopic quantum object properties. The singularities of the plasmoid structures originating while the one-electrode HF discharge use, initiated by the spiral resonator, is considered. The essential influence of the surrounding medium parameters to the plasmoids properties, in particular: the plasmoid structures shape, size, is revealed. The analogy of the plasmoid electrodynamics' properties to the first and second sort superconductivity, and also superfluidity phenomena in marked.