

лирующими электронами и создать плазм. эмиттер с большой поверхностью и умеренной плотностью тока. Использование многоапертурной ИОС позволило формировать пучки с током ~ 10 А. Эта модификация наз. дуопигатроном. Относительно прост плазм. эмиттер с большой поверхностью в И. и. без внеш. магн. поля (ИБМ). Плазма создаётся в ГРК с помощью диффузного разряда низкого давления между распределённым катодом в виде большого количества накаливаемых нитей и анодным фланцем. Размеры эмиссионной поверхности достигают 12×50 см² с хорошей однородностью эмиссии. Величина тока пучка, формируемого многоапертурной ИОС, > 100 А. Недостаточные энергетич. и газовая эффективности привели к созданию И. и. с периферийным магн. полем (ИПМ), в к-ром магн. поле, уменьшающее потери ионов из плазмы, локализовано вблизи стенок ГРК («магн. стенка») и отсутствует в центре. В результате сохраняется хорошая однородность плазмы на эмиссионной границе и повышаются энергетич. и газовая эффективности. При использовании 4-электродной, многоапертурной ИОС достигнут ток пучка св. 70 А при энергии ионов водорода (дейтерия) до 120 кэВ. Указанные выше И. и. работают в квазистационарных режимах.

Для генерации пучков отрицат. ионов разработано два метода: метод т. и. двойной перезарядки положит. ионов и метод непосредственного извлечения отрицат. ионов из плазмы.

Методом двойной перезарядки пучки отрицат. ионов получают при проведении сформированных пучков положит. ионов низкой энергии через мишени из паров щелочных металлов (Na, Cs). Эффективность выхода ионов H⁻ составляет от 10 до 30% в зависимости от выбора паров металла и энергии первичного пучка. Использование И. и. типа ИБМ и ИПМ позволило получить пучки ионов H⁻ в писк. А и ионов He⁻ до 1 А.

Совр. плазм. И. и. с непосредственным извлечением отрицат. ионов основываются на двух способах их образования: поверхностно-плазменном (ППИ) и объёмно-плазменном (ОПИ). Отрицат. ионы в ППИ образуются в результате взаимодействия положит. ионов газоразрядной плазмы с активированной поверхностью катода, работа выхода к-рой понижена адсорбцией атомов щелочного металла, добавляемого в ГРК. Часть первичных ионов отражается от поверхности катода, а др. часть выбивает атомы, адсорбированные на поверхности. Значит. доля тех и других уходит с катода, захватив электрон, в виде отрицат. ионов, к-рые ускоряются прикатодным потенциалом, проходят через плазму, попадают в область эмиссии и ускоряются с помощью ИОС. Разл. модификации И. и. такого типа работают в магн. поле, притом извлечение ионов происходит поперёк магн. поля. При извлечении и ускорении отрицат. ионов возникают определ. трудности, поскольку из плазмы одновременно извлекаются и электроны. В лучших конструкциях И. и. токи этих частиц одинаковы, в большинстве случаев электронные токи значительно превышают ионные. В 80-е гг. токи H⁻ достигают 10 А.

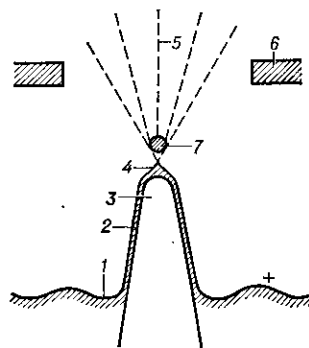
В основе ОПИ лежит создание газоразрядной плазмы с высокой концентрацией отрицат. ионов. Осн. роль в образовании отрицат. ионов играют два процесса: возбуждение молекул водорода на высшие колебат. уровни и затем диссоциативное присоединение электрона к колебательно возбуждённой молекуле. Исследуются неск. конструкций И. и. двухкамерного типа. В первой камере в газоразрядной плазме с быстрыми катодными электронами происходит возбуждение молекул. Во второй камере, отделённой от первой т. и. магн. фильтром, задерживающим быстрые электроны, происходит диссоциация молекул в плазме с холодными электронами. Задача подавления сопутствующего электронного потока здесь также остаётся актуальной.

В И. и. металлов, особенно тугоплавких, помимо обычного зажигания разряда в парах соответствующего

металла, используют для получения паров бомбардировку поверхности мощным электронным пучком, вызывающим распыление металла. Совр. импульсные плазм. И. и. позволяют получать в течение десятков наносекунд ионные пучки с током до 10^6 А, объёмный заряд к-рых автоматически компенсируется захватываемыми электронами. Принципиальная трудность создания таких эфф. импульсных И. и. связана с необходимостью подавления электронного потока, неизбежно распространяющегося внутри высоковольтного разрядного промежутка навстречу формируемому ионному пучку. Она успешно преодолевается в т. и. отражат. триодах и диодах с поперечным магн. полем. Отражательный диод состоит из двух катодов и находящегося между ними тонкоплёночного анода, на к-рый подаётся короткий импульс высокого напряжения. Образующиеся электроны многократно пронизывают анод и осциллируют между катодами, испаряя и ионизируя вещество анода. Нейтрализуя объёмный заряд ионов, можно получить ионные потоки с высокой плотностью и общим током порядка сотен кА. Иногда роль одного из катодов играет т. и. виртуальный катод.

И. и. с полевым испарением. Особое значение в 80-е гг. приобретают жидкометаллические И. и., к-рые вследствие большой нач. плотности ионного тока

Рис. 2. Схема жидкометаллического источника ионов: 1 и 2 — жидкий металл; 3 — металлическая игла; 4 — жидкометаллич. острие; 5 — ионы металла; 6 — экстрактор; 7 — область свечения.



позволяют формировать плотные ионные зонды — пучки субмикронного диаметра. Эмиттером в жидкометаллич. И. и. (рис. 2) является небольшая часть поверхности жидкого металла; смачивающего металлическую иглу и покрывающего её тонким слоем. Перед эмиттером находится электрод — экстрактор, создающий вблизи острия сильное ускоряющее ионы электрич. поле $\sim 10^8$ В/см и имеющий отверстие для вывода формируемого ионного пучка. Режим полевого испарения с жидкой фазой отличается большим током эмиссии ($\sim 10^{-8}$ — 10^{-3} А); существованием на поверхности иглы жидкометаллич. острия; действием механизма саморазогрева эмитирующей области (для Ga, напр., до $500 \div 1000$ °С); характерным свечением вблизи острия. К такому режиму приходят или повышением температуры металла внеш. нагревом при фиксированном достаточно большом потенциале U , или увеличением U до некоего порогового значения, при к-ром происходит скачок ионного тока на неск. порядков величины. Одним из возможных объяснений высоких плотностей тока ($\sim 10^8$ А/см²) является концепция остроконечного эмиттера с несбалансированным давлением на поверхности (т. и. гидродинамич. эмиттер, образующийся вследствие неустойчивости поверхности жидкометаллич. острия). Конфигурация и положение фронта такого эмиттера определяются равенством числа приходящих атомов и эмитируемых ионов.

Источники многозарядных ионов. Многозарядные ионы могут образовываться как путём однократных электрон-атомных столкновений, так и в результате ряда последоват. столкновений. Ступенчатый механизм образования многозарядных ионов более эффективен. Однако в обоих случаях для получения многозарядных ионов необходимы высокие энергии электронов и высокие плотности электронных потоков. Для достижения высокой плотности ионизации необходимо как можно дольше удерживать ион в области интенсивной ионизации, для чего в источниках многозарядных ионов ис-