

# УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ СВОДА И РАЗВОДА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ, В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ И В СИСТЕМАХ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

В.Т. Доронин, В.В. Евстигнеев (г. Барнаул, Россия)

Физико-технические и ядерные институты используют способы и устройства электронного охлаждения. Способы и устройства электронного охлаждения служат целям демпфирования колебаний тяжёлых частиц в накопителях заряженных частиц путём использования кулоновского взаимодействия циркулирующего пучка тяжёлых частиц с сопутствующим электронным пучком. При взаимодействии на тяжёлые частицы со стороны электронного пучка действует сила трения. Энергия тяжёлых частиц передаётся электронам при столкновениях с ними, а понижение энергии частиц в пучке приводит к уменьшению сечения пучка накапливаемых частиц. Для реализации описанных процессов необходимы более совершенные, чем прежде, способы и устройства свода и развода пучков заряженных частиц.

Предлагаемые совершенные способы и устройства свода и развода пучков заряженных частиц найдут уже перечисленные применения. Так энергетическое машиностроение проявляет интерес к мощным электронно-лучевым и ионно-лучевым сварочным установкам, способным выполнять сварку огромных конструкций при высоких требованиях к химическому составу и механическим свойствам сварного шва. Ракеты, космические корабли, высокотемпературные энергетические тепловые, ядерные и термоядерные котлы, плавильные печи, тяжёлая военная техника и защитные укрытия иной раз требуют надёжной сварки метровых по толщине конструкций электронным или выведенным в атмосферу ионным лучом мощностью сотни киловатт. Мощный электронный, ионный или электронно-ионный луч можно получить слиянием пучков от нескольких ускорителей с помощью соответствующих собирающих лучи электрофизических устройств. Для вышеперечисленных целей найдут применение устройства, сводящие пучки из нескольких каналов в единый канал и позволяющие из моноэнергетических потоков электронов сформировать поток, обладающий необходимым спектром энергий электронов. Для многих из не перечисленных целей найдут применение

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №4 2004

устройства, сводящие разнородные пучки из нескольких каналов в единый канал и позволяющие из разнородных потоков электронов, ионов, заряженных частиц и даже нейтралов сформировать широкий поток или сфокусированный ленточный или шнуровой луч, обладающий необходимым физическим или химическим составом.

Система сведения электронного и ионного пучков предусматривает наличие источников. Ввод пучка ионов на участок охлаждения производится через отверстие в электроде при катоде электронной пушки. Вывод электронного луча к пучку ионов к мнимой оси соленоида производится корректором смещения с помощью измерителя относительного положения пучков теньевым способом и измерителя отклонений пучков.

Одно из новых устройств, работающих по принципу объединения пучков электронов с помощью силы Лоренца от протяжённых в пространстве сходящихся магнитных барьеров и с помощью центробежной силы, действующей на движущуюся по криволинейной траектории заряженную частицу в магнитном поле, изображено на рисунке 1.

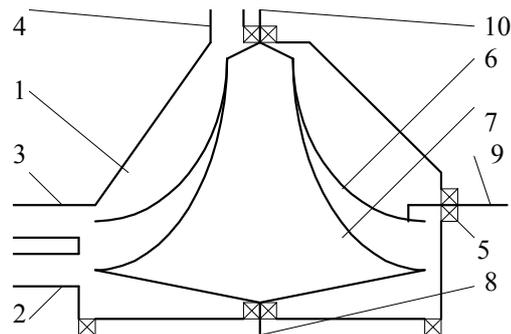


Рисунок 1 – Схема устройства

Устройство для вывода на единый канал двух пучков заряженных частиц содержит вакуумную камеру 1, каналы 2 и 3 для ввода пучков заряженных частиц, канал 4 для вывода единого пучка заряженных частиц, изолятор 5, раструб 6 внешний, раструб 7 внутренний, электроды 8 и 9 и 10. Один пучок за-

ряженных частиц поступает по каналу 2 на магнитный барьер в виде магнитного жёлоба в провале магнитного поля, индуцированного электрическим током, протекающим вдоль внутреннего раструба 7, снабжённого продольной щелевой прорезью. Поперечное сечение раструба с продольной прорезью и линия магнитной индукции поля, индуцированного электрическим током вдоль раструба, показаны на рисунке 2.

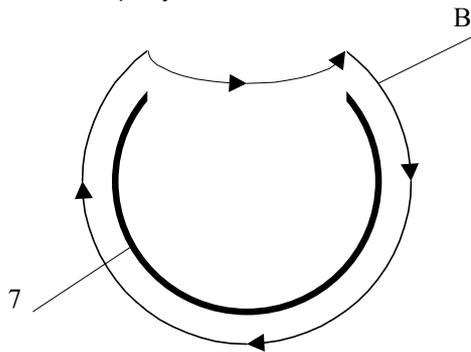


Рисунок 2 – Сечение раструба

Поперечное сечение раструба с продольной прорезью и линия магнитной индукции поля, индуцированного электрическим током вдоль раструба. Электрический ток для формирования магнитного жёлоба вдоль раструба велик, но мощность может быть ничтожной в случае полупроводникового раструба, поскольку при великом электрическом токе достаточно иметь напряжение в малую долю вольта. При использовании обычных проводников и больших электрических токов можно ограничиться малой длительностью эксперимента, с тем, чтобы избежать перегрева оборудования. Таковыми могли бы быть эксперименты по охлаждению пучков ионов электронами, поскольку весь процесс охлаждения протекает  $2,6 \cdot 10^{-6}$  секунды. Наконец, раструбы для формирования магнитного поля можно изготовить из статического магнита так, что продольная щелевая прорезь в раструбе разделит полюса магнита. Независимо от того окажется жёлоб выпуклым или вогнутым, можно его использовать для цели сведения пучков различных заряженных частиц в пучок.

Метод свода пучков одинаково направленных и одинаково заряженных частиц можно назвать центробежно-магнитным, поскольку он основан на фокусировке потоков частиц с помощью центробежной силы и магнитной составляющей силы Лоренца. При использовании магнитного барьера в виде статическо-

го магнитного жёлоба в щелевой прорези раструба энергетические затраты сводятся к минимуму. Для каждой заряженной частицы, движущейся вдоль магнитного барьера, здесь должно выполняться условие неравенства между превосходящей силой Лоренца и центробежной силой. Зависимости центробежных сил от радиуса орбиты заряженных частиц на рисунке 3 представлены спадающими по уровню характеристиками, а зависимость магнитной составляющей силы Лоренца представлена ломаной линией с барьером 11. Магнитный барьер 11 статического поля или индуцированного электрическим током поля должен удерживать на дуговой орбите все заряженные частицы пучка независимо от их заряда, массы, импульса и энергии.

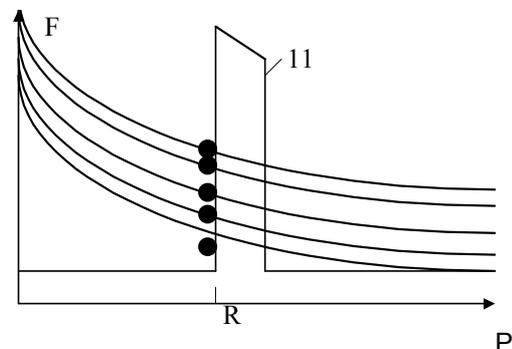


Рисунок 3 – Фокусировка барьером

Второй пучок заряженных частиц поступает по каналу 3 на магнитный барьер в виде магнитного жёлоба в провале магнитного поля, индуцированного электрическим током, протекающим вдоль внешнего раструба 6, снабжённого продольной щелевой прорезью. Здесь также для каждой заряженной частицы должно выполняться условие неравенства между превосходящей силой Лоренца и центробежной силой. Заряженные частицы двух пучков далее пролетают по траекториям вдоль сходящихся магнитных барьеров магнитного поля, индуцированного сходящимися электрическими токами, протекающими по сходящимся раструбам 6,7, и сходятся в новый единый пучок. Единый пучок по транспортирующему каналу 4 направляется к свариваемому изделию. Многие, ранее известные устройства для разделения веществ, находящихся в виде ионов, и устройства для анализа изотопного состава веществ с использованием магнитных и электрических барьеров можно обратить в устройства для объединения пучков в пучок. Таким образом, например, получено изображённое на рисун-

## УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ СВОДА И РАЗВОДА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ, В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ И В СИСТЕМАХ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

ке 4 устройство сведения пучков заряженных частиц.

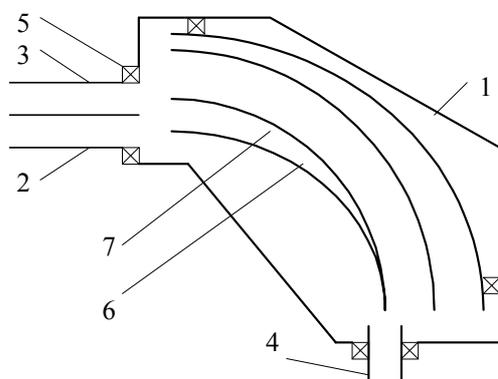


Рисунок 4 – Устройство сведения пучков

Устройство призвано осуществлять приём двух разрозненных пучков заряженных частиц из двух каналов, объединение и вывод всех заряженных частиц в единый транспортирующий канал. Устройство состоит из вакуумной камеры 1, каналов 2 и 3 для ввода пучков заряженных частиц, канала 4 вывода единого пучка, изоляторов 5, трубы 6 внешней, трубы 7 внутренней. Первый пучок заряженных частиц поступает по каналу 2 к магнитному барьеру в провале магнитного поля, индуцированного электрическим током, протекающим вдоль внешней трубы 6 с продольной щелевой прорезью. Второй пучок поступает по каналу 3 к магнитному барьеру магнитного поля, индуцированного электрическим током, протекающим вдоль внутренней трубы 7 с продольной щелевой прорезью. Заряженные частицы двух пучков далее пролетают по сходящимся траекториям вдоль сходящихся барьеров магнитного поля, индуцированного сходящимися электрическими токами, протекающими по сходящимся трубам 6 и 7, снабжённым продольными щелевыми прорезями. Единый пучок по транспортирующему каналу 4 направляется к свариваемому изделию. Наведение магнитного поля со сходящимися магнитными барьерами с

помощью электрического тока, протекающего по немагнитным трубам и немагнитным раструбам, снабжённым продольными щелевыми прорезями, требует значительных финансовых затрат на потребляемую электрическую энергию. Потребление электрической энергии можно практически полностью исключить путём исключения электрического индуктора магнитного поля с магнитными барьерами и путём применения статических магнитов в виде труб и раструбов, снабжённых продольными щелевыми прорезями, разделяющими полюса статического магнита. Статические магниты на основе сверхпроводящих керамик в настоящее время дают магнитные поля с индукцией несколько Тесла и имеют обнадеживающие перспективы роста будущей магнитной индукции. Плоские тонкие области магнитного поля с индукцией несколько Тесла являются надёжными барьерами, позволяющими изменять траекторию и транспортировать заряженные частицы в заданном направлении. Фокусировка, смешивание, охлаждение, транспортировка и сопровождение пучков заряженных частиц с помощью магнитного жёлоба требует намного меньше регистрирующей и контролирующей аппаратуры. Предлагаемые в данном сообщении устройства частично решают проблему смешивания заряженных частиц с помощью магнитных барьеров и значительно расширяют фронт работ в экспериментальной физике. В экспериментальной физике устройство можно использовать для осуществления дистанционного взаимодействия ядер атомов, от водорода до урана, между собой в полёте по параллельным траекториям, во время столкновения ядер на перекрёстках траекторий и во время столкновения с разнообразными подложками и мишенями.

Было известно, что электронные лучи, полученные в результате расщепления прежнего луча, можно использовать для сварки и резки изделий. Сейчас стало известно, что для сварки и резки изделий найдёт применение объединение пучков.