

В первом случае конфигурацию и потенциалы электродов формирующей системы выбирают ориентировочно и рассчитывают с помощью ЭВМ траектории электронов с учётом пространств. заряда. Если полученный пучок не удовлетворяет поставленным требованиям, вносят необходимые изменения формы и потенциалов электродов и снова рассчитывают траектории и т. д., до получения пучка с требуемыми параметрами. Этот метод очень трудоёмок и требует высокой квалификации разработчика.

Большее распространение получил метод синтеза, при использовании к-рого заданными являются параметры пучка — форма, первеанс или энергия и ток пучка, а определяемыми — необходимые для формирования данного пучка электр. и магн. поля. В этом методе решаются две задачи — внутренняя и внешняя. Внутр. задача включает решение системы ур-ний, описывающих движение электронов внутри пучка, нахождение соотношений, характеризующих электр. и геом. параметры пучка; внешняя — нахождение электр. полей, создаваемых системой электродов с определ. потенциалами, и магнитных, создаваемых катушками с током или пост. магнитами. Во внутр. части задачи распределение потенциала в пучке описывается ур-нием Пуассона, во внешней — распределение потенциала вне пучка описывается ур-нием Лапласа.

Метод синтеза базируется на известных решениях внутр. задач для неограниченных ламинарных потоков между двумя параллельными плоскостями, двумя соосными цилиндрами и двумя концентрич. сферами. Связь между током I и напряжением U в этих потоках описывается «законом трёх вторых» ($I = PU^{3/2}$, P — первеанс); в этом случае все траектории прямолинейны и совпадают с силовыми линиями электр. поля. Распределение потенциала вдоль любой траектории удовлетворяет соотношению $U(z) = Az^{4/3}$ (A — множитель, определяемый первеансом; z — координата, отсчитываемая вдоль любой траектории). Прямолинейность траекторий означает отсутствие силы, искривляющей траекторию, т. е. равенство нулю нормальной к траектории составляющей напряжённости электр. поля ($E_n = 0$).

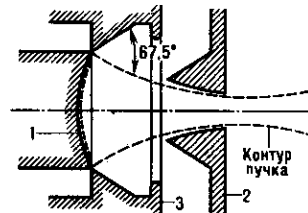
Создание системы формирования интенсивных пучков с помощью электр. поля сводится к «вырезанию» из неограниченных потоков, для к-рых известны решения внутр. задачи, ограниченных пучков необходимой конфигурации; непременным условием при этом является совпадение границы пучка с прямолинейными траекториями. Из неограниченного потока между двумя параллельными плоскостями можно сформировать пучок любого поперечного сечения с границами, перпендикулярными исходным плоскостям: напр., в виде цилиндра с образующими, совпадающими с прямолинейными траекториями (осесимметричный пучок), или в виде параллелепипеда с рёбрами, совпадающими с траекториями (ленточный пучок). Из потока между двумя соосными цилиндрами можно «вырезать» клиновидный сходящийся ленточный пучок, из потока между двумя концентрич. сферами — сходящийся конический осесимметричный пучок.

Простое «отбрасывание» оставшейся вне вырезанного ограниченного пучка части потока приведёт к изменению условий на границе пучка, в частности не будет выполнено требование $E_n = 0$. Устойчивый ограниченный пучок можно сформировать, создав вне пучка электр. поле, эквивалентное полю пространств. заряда отброшенной части потока. Это поле должно быть создано системой электродов, расположенных вне пучка. Форма и потенциал этих электродов определяются из решения ур-ния Лапласа с граничными условиями, вытекающими из решения внутр. задачи: распределение потенциала вдоль границы пучка определяется «законом $3/2$ » и нормальная к границе пучка составляющая $E_n = 0$ в любой точке поверхности пучка. С достаточной для практич. целей точностью внеш. поле, формирующее устойчивый пучок, может быть создано двумя электродами — прикатодным (фокусирующим), совпадающим по форме с нулевой эквипотенциальной поверхностью, и анодным, совпадающим по форме с эквипотенц. поверхностью, имеющей потенциал ускоряюще-

го электрода (анода). Для пучков с прямолинейными траекториями имеются аналитич. решения внеш. задачи, согласно к-рым нулевая эквипотенц. поверхность образует с границей пучка угол $67,5^\circ$, все остальные эквипотенциали (с $U > 0$) подходят к границе пучка под прямым углом.

Созданные на основе рассмотренного принципа системы формирования интенсивных пучков наз. системами или пушками Пирса. Такие Э. п. состоят из источника электронов — катода (обычно термоэлектронного), прикатодного (фокусирующего) электрода и анода с отверстием для выхода сформированного пучка (рис. 1). Внеш. поле,

Рис. 1. Электродная система пушки Пирса: 1 — катод; 2 — анод; 3 — фокусирующий электрод.



формирующее пучок, должно достаточно точно соответствовать рассчитанному в непосредств. близости к границе пучка, что и определяет конфигурацию и потенциалы электродов вблизи пучка; вдали от пучка форма электродов выбирается с учётом конструктивных и технол. требований.

Многие Э. п. должны формировать пучки с большой плотностью тока (до десятков и сотен A/cm^2), в то же время реальные термокатоды имеют ограниченную эмиссионную способность и увеличение токоотбора резко снижает срок службы катодов. Поэтому используются Э. п. с большой компрессией (сжатием) электронного пучка — площадь сечения сформированного пучка на выходе из анодного отверстия в десятки и сотни раз меньше площади эмитирующей поверхности катода; наиб. распространение получили пушки Пирса, формирующие сходящиеся осесимметричные и ленточные пучки.

Любая Э. п. не только формирует пучок необходимой формы, но и ускоряет электроны пучка до необходимой энергии электр. полем между анодом и катодом. Магн. поле, не изменяющее энергию электронов пучка, используется для дополнит. формирования (фокусировки) пучка. Поскольку сформированный пушкой электронный пучок на выходе из анодного отверстия за счёт кулоновского расталкивания неограниченно расширяется, получение протяжённого пучка ограниченного сечения возможно лишь при компенсации расталкивающего действия пространств. заряда внеш. электр. или магн. полями. Ограничить расширение пучка можно с помощью продольного магн. поля (однородного или уменьшающегося в направлении катода) или последовательностью электронных лиз (электростатических или магнитных), расположенных вдоль пучка. В Э. п., формирующих пучки с параллельными траекториями, используется продольное однородное магн. поле, силовые линии к-рого совпадают с траекториями, а вблизи катода и с электр. силовыми линиями, что обеспечивает существование протяжённого устойчивого пучка. В Э. п. с компрессией ограничивающее магн. поле уменьшается в прикатодной области, что обеспечивает примерное совпадение электр. и магн. силовых линий. Такие пушки с частично экранированным катодом позволяют формировать высокопервеансные пучки.

Для формирования интенсивных трубчатых пучков (имеющих в сечении форму кольца) используются системы со скрещенными электр. и магн. полями — магнетронные пушки. Схема электродной системы магнетронной пушки приведена на рис. 2. Внутр. катод и наружный анод конич. формы (один из электродов может иметь форму цилиндра) помещены в продольное однородное магн. поле. За счёт ускоряющего электр. поля анода эмитированные катодом электроны движутся в направлении анода, а за счёт магн. поля траектории искривляются, приближаясь к цик-