

# ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛИНЗЫ

Авторы: П. А. Стоянов

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛИНЗЫ, устройства, создающие магнитные или электрич. поля для фокусировки электронных пучков и получения электронно-оптич. изображений.

Аналогичные устройства для ионных пучков называют ионными линзами. Э. л. классифицируют по типу поля (магнитные, электростатические), по виду симметрии (осесимметричные, цилиндрич., квадрупольные и др.) и по др. характерным признакам.

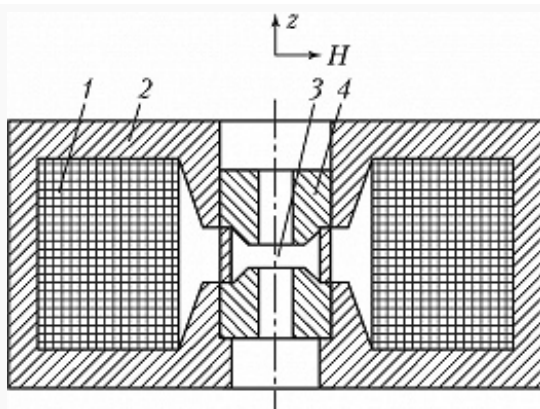


Рис. 1. Электромагнитная электронная линза;  $z$  – ось симметрии;  $H$  – магнитное поле.

Магнитные Э. л. по способу возбуждения магнитного поля делятся на электромагнитные и магнитостатические. Электромагнитная линза (рис. 1) состоит из катушки 1, по которой протекает ток, возбуждающий фокусирующее магнитное поле в межполюсном зазоре 3 (щели) линзы, магнитопровода 2, окружающего катушку, и полюсного наконечника 4.

Последний изготавливается из магнитомягких сплавов с большой индукцией насыщения и применяется в линзах с большой оптич. силой

(малым фокусным расстоянием). Фокусировка пучка производится регулированием тока возбуждения, стабильность которого должна быть на уровне, обеспечивающем низкие хроматич. аберрации.

Проблема стабильности фокусирующего поля не возникает в магнитостатич. линзе, поле которой создаётся с помощью постоянных магнитов. Однако в линзе с одним фокусирующим полем образуются большие поля рассеяния вокруг её корпуса, что ухудшает электрооптич. параметры линзы. В конструкции, состоящей из двух

магнитостатич. линз, магнитный поток полностью замкнут и противоположно направленные поля существуют только в межполюсных зазорах двух линз.

Аберрации магнитных линз зависят от магнитодвижущей силы и положения плоскости предметов относительно фокусирующего поля.

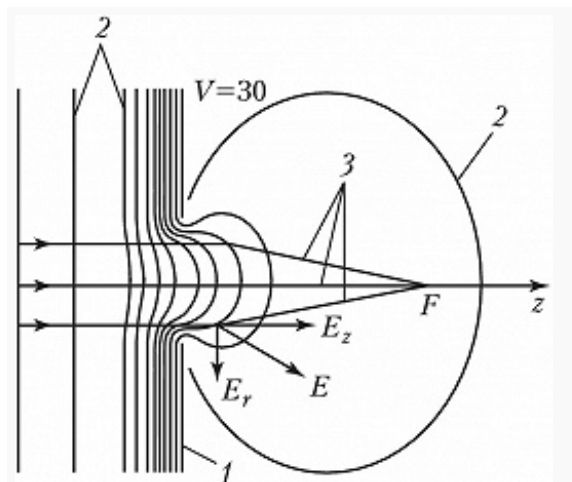


Рис. 2. Электростатическая линза – собирающая диафрагма с круглым отверстием: 1 – электрод-диафрагма; 2 – эквипотенциальные поверхности; 3 – траектории электронов; F – фо...

Электростатические осесимметричные линзы делятся на иммерсионные, одиночные и катодные. Они состоят из нескольких электродов разл. формы, находящихся под разными потенциалами. Простейшей линзой является одиночная диафрагма, поле которой с одной или с двух сторон граничит с однородными электрич. полями. В зависимости от приложенного к диафрагме потенциала  $V$  и направления примыкающих полей она может быть как собирающей, так и рассеивающей. На рис. 2 представлено поле собирающей линзы, к которому с одной стороны примыкает однородное поле. Продольная составляющая напряжённости поля  $E_z$  тормозит, а радиальная составляющая  $E_r$  фокусирует электроны.

Э. л. называют иммерсионными, если потенциалы крайних электродов разные. В отличие от магнитных Э. л., в которых скорость электронов меняется только по направлению, в электростатич. линзах скорость электронов изменяется и по величине. Последовательность иммерсионных линз, ускоряющих электроны, образует ускоритель электронов прямого действия. Форма его электродов (цилиндрич. или конич.) экранирует электронный пучок от влияния паразитных электрич. и магнитных полей. Энергия, приобретаемая электронами в таком ускорителе, может достигать нескольких МэВ.

В катодной линзе предмет является катодом (источником электронов) и

одновременно электродом оптической системы. Её называют иммерсионным объективом, т. к. показатели преломления по обе стороны линзы различные. В объективе происходит ускорение электронов, испущенных термо-, фото-, автокатодом или катодом вторичной эмиссии, и формирование его изображения. Иммерсионный объектив, состоящий из катода и анода, не может фокусировать электронные пучки, поэтому вводят дополнительный фокусирующий электрод или применяют магнитное фокусирующее поле.

Цилиндрические магнитные и электростатические Э. л. фокусируют пучки заряженных частиц в одной плоскости и по своему действию подобны цилиндрическим линзам световой оптики. Электростатические цилиндрические Э. л. состоят из щелевых диафрагм или продольных пластин – электродов, расположенных симметрично относительно срединной плоскости, и действуют как одиночные диафрагмы или иммерсионные, катодные и одиночные линзы.

Трансаксиальные электростатические линзы обладают симметрией вращения относительно оси, которая перпендикулярна оптической оси. Пучок, выходящий из какой-либо точки предмета, после фокусировки полем линзы становится астигматическим и образует два линейных изображения. Однако при надлежащем подборе параметров Э. л. изображение может стать стигматическим.

Квадрупольные магнитные и электростатические линзы имеют поля с двумя взаимно перпендикулярными плоскостями симметрии. Векторы напряжённости полей в области распространения электронного пучка почти перпендикулярны скоростям электронов. Благодаря этому фокусирующее действие на пучки электронов многократно возрастает по сравнению с осесимметричным полем. Одна квадрупольная Э. л. не создаёт стигматического изображения, она действует в одной меридиональной плоскости как собирающая, а в другой, ей перпендикулярной, как рассеивающая линза. Но два последовательно расположенных и надлежащим образом ориентированных по азимуту квадрупольных (дублет) создают стигматическое изображение с дисторсией. Стигматическое изображение без дисторсии получают с помощью двух дублетов. Благодаря большой оптической силе квадрупольные системы способны фокусировать пучки заряженных частиц с большими энергиями.

## Литература

Лит.: Явор С. Я. Фокусировка заряженных частиц квадрупольными линзами. М., 1968;

Баранова Л. А., Явор С. Я. Электростатические электронные линзы. М., 1986.