

- ся втузов. М.: Наука 1982 – 544 с
3. Грошковский Я. Техника высокого вакуума. М.: Мир, 1975 – 622 с.
 4. Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев и др. Вакуумная техника. М.: Машиностроение. 1992 – 480 с.
 5. Патент № 2112946 “Способ контроля герметичности в атмосферных условиях крупногабаритных космических аппаратов” Липняк Л. В., Олышанский В. А., Щербаков Э. В. G01M3/00, опубл. 06.10.98
 6. Патент № 2122257 “Пылеударный масс-спектрометр” Семкин Н. Д., Воронов К. Е. H01J49/40, опубл. 20.11.98, БИ №32.
 7. Теллотехнический справочник. Том 1 // под. ред. И. И. Айзенштат. М.: Госэнергоиздат, 1957 – 728 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ И СИНТЕЗ ИОННЫХ ЛИНЗ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Мясников С.В., Помельников Р.А.

Создание ионных оптических систем с наперед заданными свойствами и столь малыми aberrациями, насколько это возможно (aberrации являются фундаментальным ограничением при создании любой лучевой оптики) является в настоящее время наиболее развивающейся областью аналитического приборостроения. Сложность решаемой задачи приводит к формализации задачи для решения ее на ЭВМ.

Существуют два совершенно различных подхода к оптимизации ионных линз: анализ и синтез.

Метод анализа - это метод проб и ошибок. Этот метод может дать быстрый и надежный результат, если удалось угадать приемлемый вариант конструкции до начала работ. Особенной сложностью является расчет электростатического поля, описываемого уравнением Лапласа. Оно может быть решено на основе аппроксимирования его сеточным уравнением (метод Либмана) или на основании метода зарядовой плотности (интегральный метод) [1,2]. Данный метод требует даже от пользователя программного обеспечения высокой квалификации в области ионной оптики и приборостроения, а также больших аппаратных затрат при нахождении поля с большой точностью ($\leq 1\%$).

Метод синтеза основан на выборе критерия, определяющего требуемую систему, в качестве начальных условий и попытаться найти такое распределение поля, создающего такие траектории, которое будет их реализовывать. Конечной задачей является синтез реальных конфигураций электродов, которые создают такое распределение поля. Рассмотрим необходимые задаваемые параметры и методы поиска структуры электростатического поля:

1. По заданному семейству траекторий движения иона и, используя методы решения обратных задач динамики, наиболее приемле-

мым является сведение задачи к классическим уравнениям Бертрана или Суслова [3, 4].

2. По заданным коэффициентам сферической и хроматической аберрации с использованием вариационного исчисления или динамического программирования с оптимальным контролем. При сравнительно сложных конструкциях применяют только второй метод в силу того, что уравнение Эйлера-Лагранжа-Пуассона не поддаются численному решению.
3. Применение представления электростатической линзы полиномиальной или сплайновой линзой с дальнейшим поиском набора коэффициентов полинома или сплайнов удовлетворяющих оптическим свойствам линзы.
4. Метод аналитических функций основан на предположении, что распределение потенциала сформировано суммой экспоненциальных членов и имеющее серию пиков переменной амплитуды может дать электростатические линзы с малыми сферическими аберрациями. Поиск производится посредством различных вариаций параметризованных аналитических функций.

Реконструкция электродов по оптимизированному распределению представляет трудность т.к. полученные конфигурации электродов могут не удовлетворять по массогабаритным показателям, а также в силу ограниченной точности их изготовления. Основным недостатком следует признать, что полученное решение не удовлетворяет конструктивным ограничениям, накладываемым на мобильные системы (приборы) сложное математическое обеспечение [2].

Поэтому целесообразно использовать методы синтеза и анализа не раздельно, а совместно. После получения одним из методов распределения поля и получения конфигурации электродов сложной формы, заменить электроды иммерсионной линзой с законом распределения потенциала подобным геометрической конфигурации электродов, получившихся во время расчета. После доводки целесообразно проверить полученную конфигурацию с помощью методов анализа. Совместное применение методов синтеза и анализа требует разработки очень сложного программного обеспечения, которое требует применение рабочей станции направленной на решение данной задачи. При этом от пользователя данной программы не требуется высокой квалификации.

Реализованный на ЭВМ метод Либмана дает при расчетах приемлемое совпадение с экспериментальными данными для масс-спектрометра, что позволяет уже сейчас использовать его для оптимизации существующих конструкций электростатических ионных линз.

Список использованных источников

1. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука. 1983.-616.
2. Силадьи М. Электронная и ионная оптика. М.: Мир, 1990.-639с.
3. Г.А. Гринберг. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. М.-Л.: АН СССР, 1948
4. Галиулин А.С. Методу решения обратных задач динамики. -М.: Наука, 1986.-224с.

ИСТОЧНИКИ ПЫЛЕВЫХ ПОТОКОВ МИКРОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Барышев Е.Ю., Воронов К.Е., Семкин Н.Д.

Натурные эксперименты по воздействию потоков пылевых микрочастиц на приборы и элементы конструкций космических аппаратов осуществляются с помощью генераторов потоков на основе взрывчатых веществ, т.к. данный метод является наиболее дешевым в реализации. Для обработки результатов измерения необходимы сведения о характеристиках получаемых при этом потоков.

Рассмотрим модель взрывного источника потоков пылевых частиц. Не претендуя на строгую постановку, решим задачу ускорения пылевой частицы в процессе расширения образующегося при взрыве газа. Пусть в момент времени $t=t_0$ имеется сферически симметричный газовый сгусток с плотностью ρ , радиуса R_0 , граница которого движется со скоростью $u_0 = \text{const}$. Для простоты расчетов профиль плотности по сгустку берем постоянным, профиль скорости по сгустку – линейным. Плотность ρ газа падает по кубическому закону $\rho = \rho_0(t_0/t)^3$. В момент $t=t_0$ частица находится на границе сгустка и имеет начальную радиальную скорость $V_{r0} = u_0$. Сила давления газа направлена по радиусу, так что частица ускоряется в строго радиальном направлении. Пылевая частица считается сферической. В соответствии с принятой моделью уравнение Ньютона запишется в виде:

$$m_r \frac{d^2 r}{dt^2} = \rho_0 \left(\frac{t_0}{t} \right)^3 \left(\frac{r}{t} - \dot{r} \right)^2 \frac{\pi R_r^2}{2}, \quad (1)$$

где t – текущее время, r – координата частицы, m_r – масса частицы, R_r – радиус частицы.

Начальные условия ($t=t_0$) для выражения (1) таковы:

$$r(0) = r_0, \quad \dot{r}(0) = V_{r0}. \quad (2)$$

Введем переменные $y = r/R_0$, $x = t/t_0$, где $R_0 = u_0 t_0$ – начальный радиус