

Скрещенная линза как тестовая модель для расчета трехмерных полей / Л.А. Баранова, А.С. Бердников, Р.А. Бубляев, О.А. Гринева, В.Я. Иванов, С.Я. Явор // Научное приборостроение. — 1992. — Т.2. — №4: Поверхность и методы ее исследования. — С.105—107.

В качестве тестовой задачи для расчета использовалась скрещенная линза. Проведено сравнение результатов численных расчетов с помощью пакета программ "Пуассон-3" с экспериментальными данными, полученными при исследовании скрещенных линз на электронно-оптической скамье. Библ. 2 назв. Ил.5.

Л.А. Баранова, А.С. Бердников, Р.А. Бубляев, О.А. Гринева,
В.Я. Иванов, С.Я. Явор

(Институт аналитического приборостроения РАН, Санкт-Петербург)

СКРЕЩЕННАЯ ЛИНЗА КАК ТЕСТОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРЕХМЕРНЫХ ПОЛЕЙ

The investigation of the 3-dimensional CAD package "Poisson-3" is performed taking a special case of electrostatic lens with known characteristics as a testing example. The results of calculation of the three-dimensional electrostatic fields and three-dimensional trajectories are presented in graphic form and compared with experimentally measured characteristics.

Все возрастающие требования к качеству фокусировки и изображения электронно-оптических приборов и электрофизических установок различного назначения уже длительное время стимулируют разработку методов и пакетов прикладных программ для расчета и оптимизации трехмерных электронно-оптических систем. В настоящее время создан целый ряд таких пакетов, однако выбор того или иного программного средства для расчетов конкретных задач весьма затруднителен для пользователя, в первую очередь, в связи с отсутствием надежного тестирования пакетов. Действительно, для тестирования трехмерного пакета должен быть проведен расчет трехмерной задачи, имеющей аналитическое решение, что само по себе исключительно сложно (если вообще возможно).

В связи с этим представляет интерес провести тестирование трехмерного пакета программ сравнением результатов численного расчета кардинальных элементов сугубо трехмерной электронно-оптической системы с экспериментально измеренными. В качестве такой системы была выбрана скрещенная линза [1], которая благодаря простоте конструкции, малым габаритам и большим электронно-оптическим возможностям является весьма перспективным элементом для фокусировки широких пучков в электронных пушках и ионных источниках.

До настоящего времени для расчета скрещенных линз использовались полуэмпирические соотношения, применимые только в ограниченном ряде случаев, и единственным источником достоверной информации были результаты экспериментального измерения кардинальных элементов на электронно-оптической скамье. Для широкого же применения скрещенных линз необходимо иметь возможность надежного их расчета и оптимизации с использованием ЭВМ.

В настоящей работе использовался пакет прикладных программ "Пуассон-3" [2]. Он предназначен для расчета трехмерных стационарных электрических, магнитных, тепловых, гидродинамических и других физических полей в областях практически произвольной формы, а также для расчета характеристик пучков релятивистских заряженных частиц. В основу алгоритмов расчета полей положен метод интегральных уравнений теории потенциала, в котором поля моделируются совокупностью потенциалов простого, двойного слоя и объемных зарядов. Аппроксимация искомым плотностей источников поля осуществляется с помощью билинейных сплайнов, а особенности ядра интегральных уравнений выделяются аналитически. Удобство пользования пакетом определяется

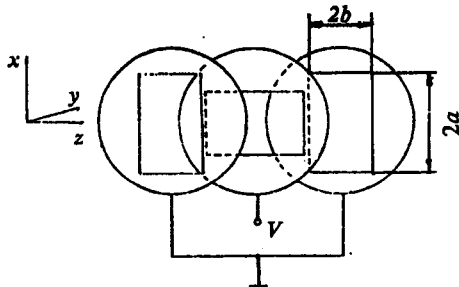


Рис. 1. Схематическое изображение одиночной скрещенной линзы.

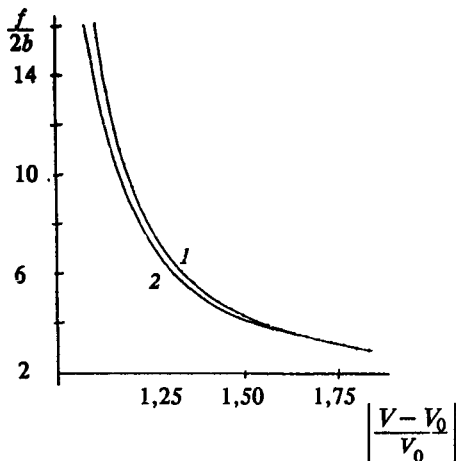


Рис. 2. Зависимость фокусного расстояния f от возбуждения линзы.

Объяснение в тексте.

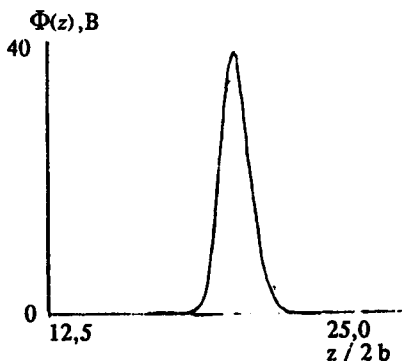


Рис. 3. Распределение потенциала Φ на оси скрещенной линзы.

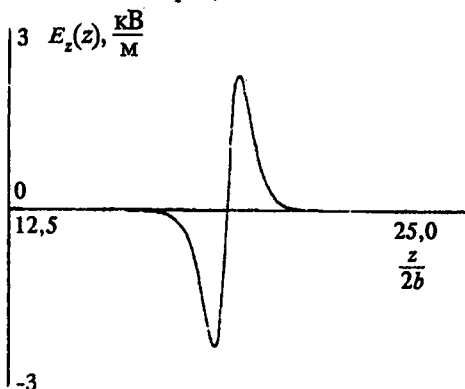


Рис. 4. Распределение продольной составляющей напряженности поля E_z на оси скрещенной линзы.

наличием входных проблемно-ориентированных языков описания краевых задач и начальных данных для потоков заряженных частиц.

Производилась отладка пакета программ для расчета электростатических полей скрещенных линз и траекторий электронов в них. Тестирование программы осуществлялось путем сравнения результатов расчета с экспериментальными данными, полученными при исследовании скрещенных линз на электронно-оптической скамье. Сравнились фокусные расстояния, найденные обоими методами. Размер прямоугольного отверстия скрещенной линзы (рис.1) составляет $2a \times 2b = 40 \times 20$ мм, расстояние между электродами равно 20 мм.

На рис. 2 показано фокусное расстояние в собирающей плоскости скрещенной линзы при ускоряющем потенциале на ее среднем электроде. Кривая 1 соответствует зависимости фокусного расстояния от возбуждения линзы, определенной экспериментально на электронно-оптической скамье, а кривая 2 построена по результатам расчета. Здесь V - потенциал на среднем электроде, V_0 - ускоряющий потенциал. Из рисунка видно, что результаты расчета особенно хорошо совпадают с экспери-

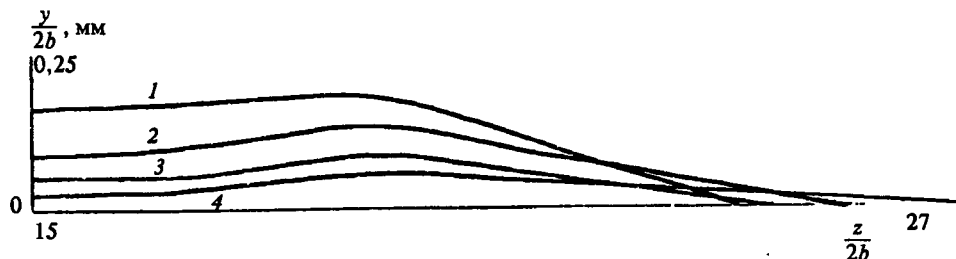


Рис.5. Траектории заряженных частиц в скрещенной линзе.
Объяснение в тексте.

ментом при больших возбуждениях линзы. Расхождение кривых при слабых возбуждениях линзы связано, возможно, с возрастающей погрешностью эксперимента в этих режимах.

На рис.3, 4 приведены кривые, характеризующие распределение поля скрещенной линзы: $\Phi(z)$ — потенциал на оси, E_z — продольная составляющая напряженности поля на оси.

На рис.5 представлен ряд траекторий заряженных частиц в поле линзы. Кривые 1 и 3 соответствуют параллельному пучку, направленному в линзу, кривые 2 и 4 представляют собой траектории, выходящие из источника, расположенного на оси на расстоянии $z/2b = 18,4$ от центра линзы под углами $0,3$ и $0,15^\circ$ соответственно.

Таким образом, получено хорошее совпадение расчетных данных с результатами эксперимента, что позволяет сделать вывод о возможности использования пакета "Пуассон-3" для расчетов как скрещенных линз, так и других трехмерных электронно-оптических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова Л.А., Явор С.Я. Электростатические электронные линзы. М., 1986. 190 с.
2. Иванов В.Я. Методы автоматизированного проектирования приборов электроники. Новосибирск. 1986. Ч. 1.: Методы расчета электростатических полей. 192 с; Ч. 2: Методы решения задач электронной оптики. 184 с.

Рукопись поступила 15.04.92