

УДК 681.3.16

Современная версия пакета прикладных программ ELIM/DYNAMICS

С. В. Андреев, М. А. Монастырский, В. А. Тарасов
Институт общей физики РАН, Москва, Россия

Работа посвящена новой версии пакета прикладных программ ELIM/DYNAMICS, предназначенного для расчета изображающих электронно-оптических систем. Дана информация об основных алгоритмах пакета и программном интерфейсе. Представлены некоторые результаты расчетов.

Программный комплекс ELIM/DYNAMICS предназначен для расчета изображающих электронно-оптических систем и охватывает широкий круг задач, возникающих при проектировании электронно-оптических преобразователей изображения. В работе кратко описаны возможности расчетов, а также новые черты, присущие последней версии пакета.

С помощью пакета могут быть рассчитаны электронно-оптические системы, имеющие осесимметричную или плоскую геометрию. Кроме того, могут быть рассчитаны системы, состоящие из произвольной комбинации элемен-

тов указанного типа при условии, что поля отдельных элементов не влияют друг на друга. Оптические оси всех элементов должны быть параллельны. Предусмотрена возможность расчета при наличии магнитного поля, создаваемого набором осесимметричных катушек с током (без сердечников), имеющих прямоугольное сечение. Возможен расчет в случае, когда электрическое поле некоторых элементов зависит от времени (например, в системах с разверткой изображения). Расчет может быть проведен как для широких пучков, характерных для фотоэмиссионных систем, так и для узких электронных пучков, входящих в пространство изображения с ненулевой начальной энергией.

К числу основных выходных характеристик пакета относятся:

- распределение электрического потенциала и его производных (до 4-го порядка включительно);
- распределение напряженности поля вблизи электродов;
- эквипотенциальные линии;
- положение предельной плоскости изображения;
- положение предельной плоскости кроссовера;
- электронно-оптическое увеличение в центре фотокаатода;
- распределение пространственных и временных коэффициентов аберраций (до 3-го порядка включительно);
- траектории заряженных частиц;
- пространственно-временная структура субпикосекундных временных импульсов с учетом эффектов кулоновского отталкивания;
- распределение пространственной и временной дисторсии вдоль фотокаатода;
- поверхности идеальной фокусировки в меридиональном и сагиттальном направлениях;
- пространственно-временная функция рассеяния линии и частотно-контрастная характеристика в произвольной точке фотокаатода с учетом заданных распределений электронов по углам и энергиям;
- распределение пространственного и временного разрешения вдоль фотокаатода;
- функция рассеяния точки в произвольной области фотокаатода;
- выходные дифференциальные и интегральные угловые распределения заряженных частиц;
- пространственное разрешение как функция положения экрана;
- положение плоскости наилучшей фокусировки;
- расчет влияния слабых нарушений геометрии границы и граничных условий.

При расчете полевых характеристик применен метод интегральных уравнений со сплайновой аппроксимацией [1]. Расчет слабых возмущений граничных условий делается на основе метода интегральных уравнений в вариациях [1]. Аберрационные характеристики рассчитываются с помощью метода t -вариаций [1]. Расчет кулоновского взаимодействия в электронных пакетах проводится с помощью совместного применения методов теории аберраций и прямого учета кулоновских сил [2]. Интегральные характеристики изображения (функция рассеяния линии и т. д.) вычисляются интегрированием функции распределения электронов, производимым с помощью расчета большого количества аберрационных траекторий на основе аберрационных коэффициентов вдоль траектории главного луча.

Пакет имеет модульную структуру. Новым в последней версии пакета является управляющий модуль, объединяющий все остальные модули пакета в единое целое. Он содержит графический редактор для ввода геометрии систем, а также оконный интерфейс для ввода параметров расчета другими модулями пакета. Кроме него, пакет содержит модуль расчета полевых и абберационных характеристик, модуль расчета интегральных параметров изображения, модуль расчета кулоновского взаимодействия в электронных пакетах и модуль визуализации результатов. В представленной версии пакета взаимодействие модулей между собой осуществляется с помощью технологии СОМ, позволяющей использовать некоторые функции модуля расчета плевых и абберационных характеристик сторонними программами.

Модуль расчета полевых и абберационных характеристик имеет встроенную систему самотестирования, позволяющую проверить качество расчета с помощью тестовых задач.

Рис. 2—4 иллюстрируют некоторые результаты расчетов, выполненных с помощью пакета ELIM/DYNAMICS для системы, изображенной на рис. 1.

Рис. 1. Эскиз электронно-оптической системы и эквипотенциальные линии

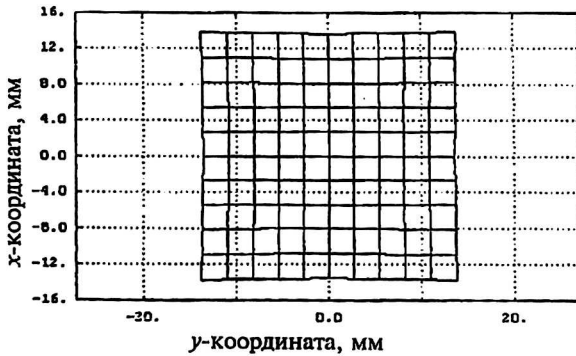
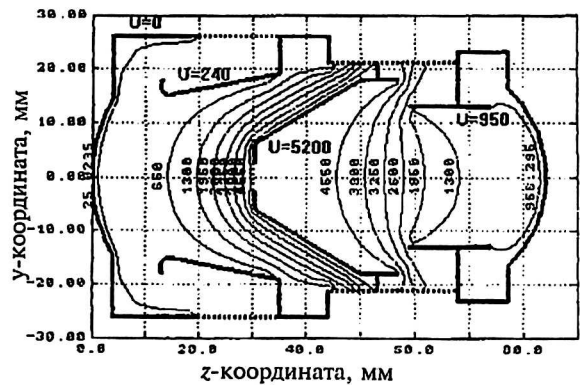


Рис. 2. Изображение сетчатого тест-объекта, характеризующее пространственную дисторсию

Рис. 3. Функция рассеяния линии в центре фотокатода





Рис. 4. Влияние нарушения осевой симметрии анодной диафрагмы на фигуру рассеяния точки в центре фотокатода (изображения совмещены): 1 — возмущение геометрии отсутствует; 2 — диафрагма повернута на угол 10° относительно оси, проходящей через центр катода и перпендикулярной оси симметрии

Рис. 5 иллюстрирует результат расчета кулоновского взаимодействия в осесимметричном электронном пакете с начальным диаметром 20 мкм и начальной длительностью 50 фс. Плотность катодного тока в максимуме гауссовского распределения составляет 10 mA/mm^2 . Расчеты проведены для системы, имеющей прикатодную сетку, обеспечивающую напряженность поля на фотокатоде 30 kV/mm (в импульсном режиме). Эскиз фокусирующей части системы приведен на рис. 6 (прикатодная сетка не показана).

Рис. 5. Эскиз фокусирующей части электронно-оптической системы

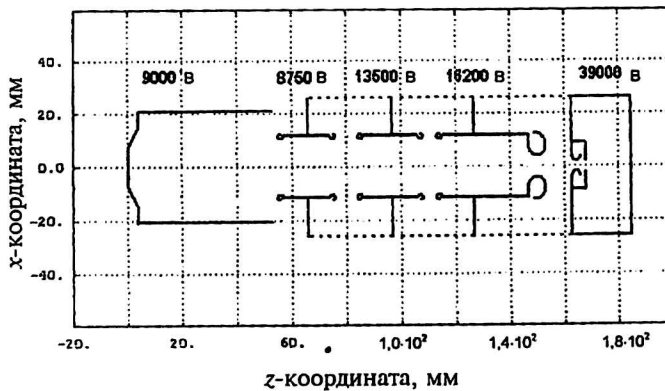
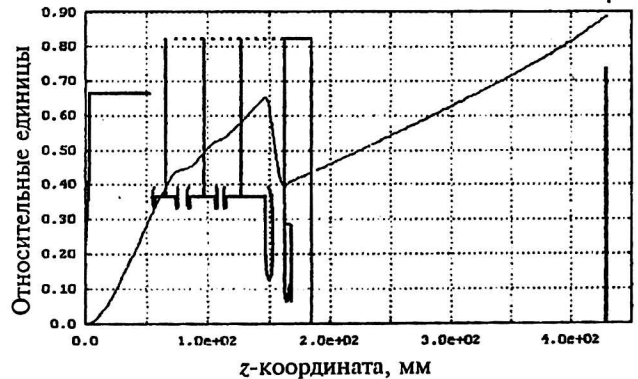


Рис. 6. Относительное увеличение длительности электронного импульса при движения пакета от фотокатода к экрану

На рис. 6 изображена зависимость относительного увеличения длительности электронного импульса, обусловленного влиянием кулоновского взаимодействия в пакете, от положения пакета при его движении от фотокатода к экрану.

Л и т е р а т у р а

1. Ильин В. П., Катешов В. А., Куликов Ю. В., Монастырский М. А. Численные методы оптимизации эмиссионных электронно-оптических систем. — Новосибирск: Наука (Сиб. отд.), 1987.
2. Degtyareva V. P., Monastyrsky M. A., Schelev M. Ya Tarasov V. A. Dynamics of electron bunches in subpicosecond streak tubes//Nuclear Instruments and Methods in Physics Research (NIM-A), 1999. A 427. P. 225—229.

The modern version of the ELIM/DYNAMICS application package

S. V. Andreev, M. A. Monastyrsky, V. A. Tarasov
General Physics Institute, Moscow, Russia

The paper is dedicated to the applied program package ELIM/DINAMICS, oriented to emission-imaging system computer-aided design. Basic algorithms as well as program interface structure are discussed and some calculation results are presented.