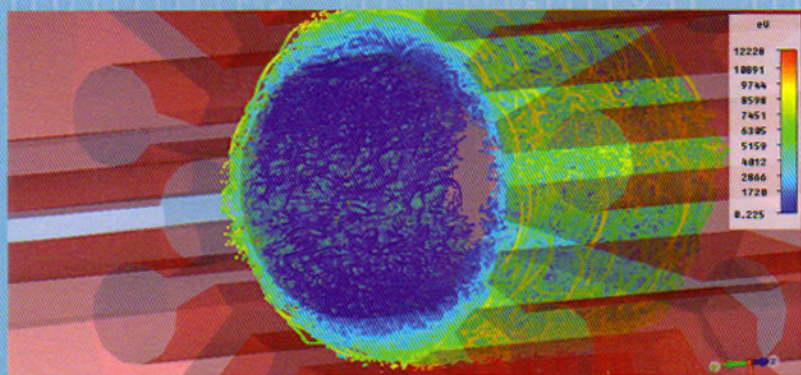


Иванов И.М., Курушин А.А.

Моделирование мощных СВЧ приборов с помощью программы CST Particle Studio



Москва 2018

УДК 621.38

И 940

Иванов И.М., Курушин А.А.

Моделирование мощных СВЧ приборов с помощью программы CST Particle Studio. М. : «One-Book», 2018, 379 с.

Рецензенты: Белов Леонид Алексеевич, к.т.н., профессор каф. РПДУ ИРЭ им. В.А.Котельникова, МЭИ;
Моругин Станислав Львович, д.т.н., проф. НГТУ им. Р. Е.Алексеева.

Учебное пособие посвящено моделированию устройств с носителями зарядов. Это электронные лампы, клистроны, магнетроны, лампы бегущей волны. Моделирование и проектирование таких приборов выполняется с помощью современных систем проектирования, в качестве которой выбрана система CST STUDIO SUITE и ее утилита CST Particle Studio. Программа разработана основанной в 1992 году компанией CST, которая активно работает в области мультифизических САПР СВЧ.

Книга предназначена для студентов радиотехнических и электронных специальностей, аспирантов и специалистов, занятых в области проектирования мощных СВЧ электронных приборов.






УДК 621.38

И 940

© Иванов Игорь Михайлович, Курушин Александр Александрович

kurushin@mail.ru

Оглавление

Условные обозначения	7
1. Введение	9
2. Обзор задач, решаемых CST Particle Studio	11
2.1. Лампа бегущей волны ЛБВ	13
2.2. Моделирование электронной пушки	18
2.3. Выходной резонатор клистрона	21
2.4. Моделирование двухполостного монотрона	23
2.5. Монитор положения луча	26
2.6. Моделирование коллектора частиц	29
2.7. Моделирование коллиматора частиц	31
2.8. Моделирование широкополосной лампы бегущей волны	35
2.9. Моделирование генератора на лампе обратной волны	38
3. Методы расчета движения частиц, используемые в CST Particle Studio	42
3.1. Действие магнитного поля на заряженные частицы	42
3.2. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле	43
3.3. Выбор метода расчета при анализе распространения частиц	44
3.2.1. Программа PIC 	44
3.2.2. Работа и результаты расчета программы PIC	49
3.2.3. Программа Wakefield 	50
3.3. Программа расчета трасс движения частиц	53
3.4. Расчет параметров потоков частиц	63
3.5. Программа Particle-in-Cell	65
3.6. Моделирующее устройство Particle Tracking	70
3.7. Программа расчета собственных мод 	71
3.8. Программа расчета электростатического поля 	71
3.9. Программа расчета магнитного поля 	72
3.10. Плазменные СВЧ источники	73

4. Источники частиц CST PARTICLE STUDIO	77
4.1. Модели эмиссии	78
4.2. Источник частиц на плоскости	79
4.3. Создание точечного источника частиц.....	81
4.4. Создание источника частиц круглой формы.....	82
4.5. Модели эмиссии в программе Tracking	84
4.5.1. Установка параметров эмиссии	84
4.6. Обзор моделей эмиссии в программе PIC (Particle in Cell).....	94
4.7. Модель эмиссии постоянного тока DC.....	96
4.8. Поле эмиссии	97
4.9. Взрывная эмиссия.....	98
4.10. Эмиссия под углом.....	99
5. Моделирование клистрона	103
5.1. Создание нового проекта	106
5.2. Моделирование структуры	107
5.3. Задание волноводных портов.....	115
5.4. Установки на моделирование.....	116
5.5. Задание СВЧ возбуждения	120
5.6. Результаты расчета	121
5.7. Результаты моделирования	124
6. Метод трассирования частиц в CST	133
6.1. Моделирование структуры пушки.....	139
6.2. Задание потенциалов на элементах пушки и магнитов.....	147
6.3. Создание сетки разбиения	152
6.4. Задание источника частиц.....	154
6.5. Задание граничных условий.....	158
6.6. Анализ полученных результатов	159
6.7. Параметризация модели пушки частиц.....	164
6.8. Автоматическая оптимизация структуры.....	167

7. Метод траекторий в CST	170
7.1. Лазерные электронный и фотонный плазменные коллаидеры	171
7.2. Моделируемая структура	174
7.3. Черчение структуры	179
7.4. Описание источника пучка частиц	181
7.5. Задание границ и условий симметрии	186
7.6. Сетка разбиения на элементы пространства	187
7.7. Запуск моделирования	189
7.8. Анализ полученных результатов	191
8. Расчет мультипакции	194
8.1. Черчение волноводного ступенчатого фильтра	197
8.2. Описание материала фильтра	200
8.4. Модель отраженных эластичных (упругих) электронов	205
8.5. Монитор частиц	210
8.6. Выбор источника эмиссии и модели эмиссии	213
9. Моделирование электровакуумных СВЧ приборов	229
9.1. Модель поглотителя клистрона	231
9.2. Задание потенциалов на электродах	239
9.3. Задание источника излучения (пушки частиц)	240
9.4. Установка граничных условий	241
10. Моделирование движущихся в пространстве частиц	249
11. Моделирование магнетрона	254
11.1. Черчение структуры магнетрона	260
11.2. Задание потенциалов и катушек с током	267
11.3. Создание источника частиц	276
11.4. Анализ результатов	283
12. Моделирование магнетрона с резонаторами	300
12.1. Черчение структуры магнетрона	300
12.3. Установки на решение	306

12.4. Мониторы поля в точке	309
12.5. Задание источника частиц и полей для их ускорения	310
12.6. Задание аналитического поля и потенциалов на электродах магнетрона	313
12.7. Результаты расчета	316
12.8. Подстройки для создания условий генерации магнетрона	318
13. Моделирование разнорезонаторного магнетрона	324
13.1. Создание структуры магнетрона.....	324
13.2. Граничные условия	332
13.3. Установки на решение	336
13.4. Задание источника частиц и полей для их ускорения	338
13.6. Установки программы PIC на расчет.....	341
13.7. Результаты расчета магнетрона.....	342
13. 8. Моделирование работы магнетрона с использованием двух источников тока	344
14. Моделирование магнетрона с гребенчатой структурой.....	351
15. Моделирование магнетрона для СВЧ-печки	356
16. Моделирование лампы бегущей волны	360
16.1. Создание структуры ЛБВ.....	361
16.2. Черчение системы замедления ЛБВ.....	363
16.3. Задание материалов и граничных условий и портов.....	369
16.4. Установки на решение ЛБВ	369
Заключение.....	376
Литература.....	378