

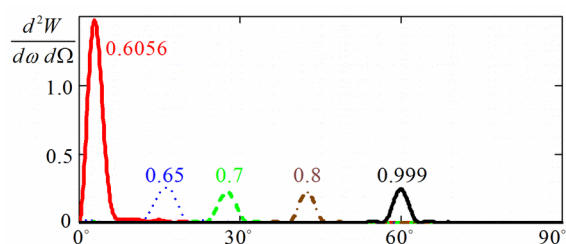
Новые методы расчета полей излучения пучков частиц при наличии диэлектрических объектов сложной формы

Исследования электромагнитного излучения, генерируемого при взаимодействии поля сгустка (пучка) заряженных частиц с различными диэлектрическими объектами (мишенями), представляют большой интерес для развития новых методов генерации излучения в гигагерцовом и терагерцовом диапазоне частот. Другое приложение таких исследований – разработка новых невозмущающих методик диагностики пучков частиц, что важно для физики пучков и ускорителей.

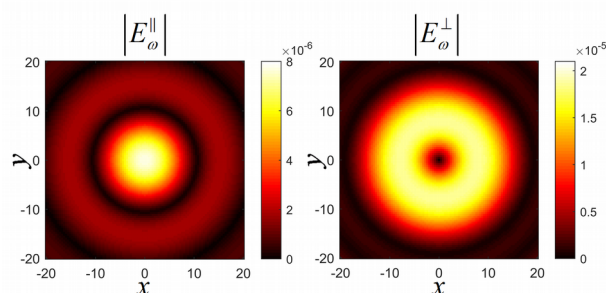
Как правило, построение строгих решений подобных задач невозможно, а чисто «компьютерные» методы расчета не дают полной физической картины явления и требуют чрезмерно больших ресурсов вследствие того, что длина волны обычно мала по сравнению с размерами объекта. В то же время, последний факт дает малый параметр задачи, что и было использовано для разработки приближенных методов расчета.

Были развиты два таких метода: один из них можно назвать «геометрооптическим», а другой (более общий) – «апертурным». Оба метода на первом этапе предполагают решение некоторой «эталонной» задачи, после чего рассчитывается поле на части поверхности объекта, освещенной излучением Вавилова–Черенкова. На заключительном этапе проводится расчет поля вне объекта либо на основе геометрооптических закономерностей, либо с помощью «апертурных интегралов». Первый метод пригоден только в геометрооптической области, а второй может быть использован во всей внешней области, включая зону Фраунгофера, а также окрестности фокусов и каустик.

Данные методы были применены к ряду мишеней, среди которых призматическая мишень, конус и шар с вакуумным каналом, а также предложенная авторами мишень, названная концентратором черенковского излучения. Описаны новые физические эффекты, в частности, эффект «черенковского прожектора» и эффект фокусировки черенковского излучения с помощью подбора формы мишени. В ряде случаев проводилось тестирование разработанных оригинальных алгоритмов путем сравнения их результатов с моделированием в пакете COMSOL Multiphysics. В итоге был сделан вывод о применимости разработанных методов практически ко всем интересным на практике типам мишеней в относительно коротковолновом диапазоне частот.



Примеры угловых зависимостей спектрально-угловой плотности энергии излучения для конической мишени с углом раствора 60° и показателем преломления $n=2$ при разных значениях скорости движения заряда (указаны около кривых в единицах скорости света c); сплошная красная кривая иллюстрирует эффект «черенковского прожектора».



Пример распределения поля в фокальной плоскости концентратора черенковского излучения для скорости движения заряда $V=0.8c$ (слева и справа показаны, соответственно, параллельная и перпендикулярная оси симметрии компоненты поля).

Авторы: А.В. Тюхтин, С.Н. Галямин, В.В. Воробьев, Е.С. Белоногая.

Основные результаты отражены в трех статьях в международных журналах:

Phys. Rev. A, 2019, V.99, 023810; Phys. Rev. Accel. Beams, 2019, V.22, 012802, 083001, 109901.

Сделан ряд докладов на международных конференциях IPAC'2019 и RREPS'2019.