УДК 537.8

DOI: 10.17223/00213411/63/6/100

С.В. БЛАЖЕВИЧ¹, М.В. БРОННИКОВА¹, А.В. НОСКОВ²

ДИФРАГИРОВАННОЕ ПЕРЕХОДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КАК СРЕДСТВО ИНДИКАЦИИ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКА УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

Рассматривается дифрагированное переходное излучение (ДПИ) возбуждаемое пучком ультрарелятивистских электронов, проходящих через тонкую монокристаллическую пластину в геометрии рассеяния Лауэ. Получено выражение, описывающее угловую плотность ДПИ для случая, когда путь электронов в мишени значительно меньше, чем длина экстинкции рентгеновских фотонов в кристалле. Показано, что в этом случае процесс ДПИ имеет ярко выраженный кинематический характер. Численные расчеты выхода фотонов ДПИ в направлении рассеяния Брэгга, проведенные для различных значений телесного угла регистрации, показывают значительное влияние расходимости электронного пучка на выход фотонов. Сделано заключение о возможности использования измеренного выхода ДПИ, имитированного в заданный телесный угол, для индикации расходимости электронного пучка. Проведены модельные расчеты параметров расходимости электронного пучка по «измеренному» выходу фотонов ДПИ, прошедших через щелевой коллиматор. Результаты расчетов показывают, что предлагаемая в настоящей работе формула может быть базой для развития метода измерения расходимости пучка релятивистских электронов ультравысокой энергии на основе углового распределения ДПИ.

Ключевые слова: релятивистские электроны, дифрагированное переходное излучение, индикация расходимости электронного пучка.

Введение

При проведении фундаментальных и прикладных экспериментальных исследований на пучках электронов высокой энергии исследователи сталкиваются с проблемой недостаточности информации о параметрах используемых пучков. Поперечные размеры и расходимость являются основными параметрами пучка. Главную проблему физиков, имеющих дело с пучками электронов в области энергий 100–1000 МэВ, представляют измерения поперечных размеров пучка, поскольку расходимость пучков на современных ускорителях составляет величину (порядка 0.001 мрад), незначительную для пучков, имеющих поперечные размеры порядка или больше, чем 10 мкм.

В настоящее время в стадии разработки находятся два новых электрон-позитронных коллайдера [1, 2]. В этих установках электроны и позитроны будут разгоняться до энергии 250 ГэВ в пучках с очень малыми поперечными размерами (~ 5–100 нм), и главной проблемой станет измерение расходимости пучка. Решение этой проблемы позволит более точно интерпретировать экспериментальные данные как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях. В работах [3, 4] была экспериментально исследована возможность использования для диагностики поперечных размеров пучков релятивистских электронов параметрического рентгеновского излучения (ПРИ).

Влияние расходимости пучка электронов на ПРИ в кристалле было экспериментально исследовано в Томске и Токио [5] для электронов с энергией 600 и 800 МэВ соответственно. Исследователи показали, что ориентационная зависимость ПРИ, генерируемого релятивистскими электронами в кристалле, чувствительна к расходимости пучка, и предложили использовать ПРИ в качестве простого средства определения угловой расходимости пучков заряженных частиц высокой энергии. В [6] предложено использовать параметрическое рентгеновское излучение, генерируемое в тонких кристаллах, для получения оперативной информации о положении и размерах электронного пучка.

ПРИ в направлении брэгговского рассеяния сопровождается дифракционным переходным излучением (ДПИ) [7–10], генерируемым на передней границе кристаллической мишени. Нами разработана динамическая теория когерентного рентгеновского излучения, возбуждаемого расходящимся пучком релятивистских электронов, пересекающих монокристаллическую пластину в геометрии рассеяния Лауэ, для общего случая асимметричного отражения электронного поля относительно поверхности мишени [11].

Выражения для угловой плотности когерентного излучения, полученные в [11], показывают, что фотоны ДПИ, испускаемые пучками электронов с энергиями, превышающими несколько сотен мегаэлектронвольт, имеют значительно более узкое угловое распределение, чем фотоны ПРИ. В результате этого угловая плотность ДПИ становится более чувствительной к расходимости пучка.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>