

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

1-84-372

**КОГЕРЕНТНОЕ
ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПОЗИТРОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 10 ГэВ
В ТОНКОМ КРИСТАЛЛЕ КРЕМНИЯ**

1984

Н.К.Булгаков, А.С.Водопьянов, И.Войтковска, В.М.Головатюк,
 Э.Гузик, Н.И.Зимин, Р.Б.Кадыров, Т.С.Нигманов, В.Д.Рябцов,
 И.А.Тяпкин, Н.А.Филатова, А.Форуцки, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов.
 Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

М.Д.Бавижев
 Филиал Ставропольского политехнического института, г. Черкесск

И.Н.Ивахненко, Ю.В.Нильсен, Б.А.Юрьев
 НИИЯФ МГУ, Москва

Р.Карриган /мл./, Т.Туиг
 Национальная ускорительная лаборатория им. Ферми, Батавия, США

У.Гибсон, Ч.Сан, Р.Вонг
 Университет штата Нью-Йорк, Олбани, США

Известная теория когерентного тормозного излучения в кристаллах /КТИ/, развитая в работах Тер-Микаеляна^{/1/}, Юбералла^{/2/} и др. /см. обзоры^{/3-4/} и их библиографию/, получила надежные экспериментальные подтверждения в основном для релятивистских электронов^{/3-6/}. В^{/7/} Ахиезером и сотрудниками была модифицирована теория КТИ для описания излучения так называемых "надбарьерных" частиц.

В настоящей работе показано, что при учете угловой расходимости пучка позитронов спектры, рассчитанные по традиционной теории КТИ, удовлетворительно согласуются с полученными экспериментально начиная с углов падения, приблизительно равных углу Линдхарда. Пучок позитронов, проходящих через установку "Кристалл"^{/8/}, имел начальную расходимость ~ 1 мрад в обеих проекциях^{/9/}. Это позволяло осуществлять набор статистики для исследования свойств излучения в широкой области углов падения заряженных частиц на кристалл. Для каждого позитрона с помощью дрейфовых камер определялись углы входа в кристалл и выхода из кристалла. Среднеквадратичные отклонения распределений, характеризующих точность определения углов входа и выхода составляли соответственно ~ 7 и 30 мкрад. Энергия образованного в кристалле γ -кванта регистрировалась сцинтилляционным спектрометром на основе кристалла CsJ(Tl) с точностью $\sim 3\%$ /полная ширина на половине высоты/ для энергии фотонов, равной 100 МэВ.

В эксперименте использовался кристалл кремния толщиной 113 мкм, ориентированный плоскостью /110/ вдоль оси пучка /рис. 1/. Средний угол разориентации проекции начального импульса позитрона \vec{P} относительно кристаллографической оси /111/ был равен $8,7$ мрад.

При обработке отбирались события, удовлетворяющие геометрическим и временным критериям, а также дающие позитронный сиг-

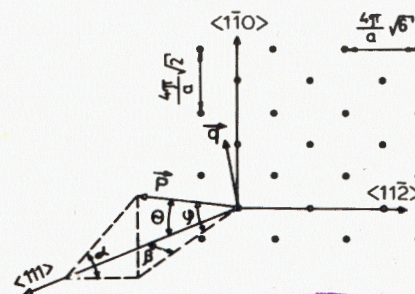
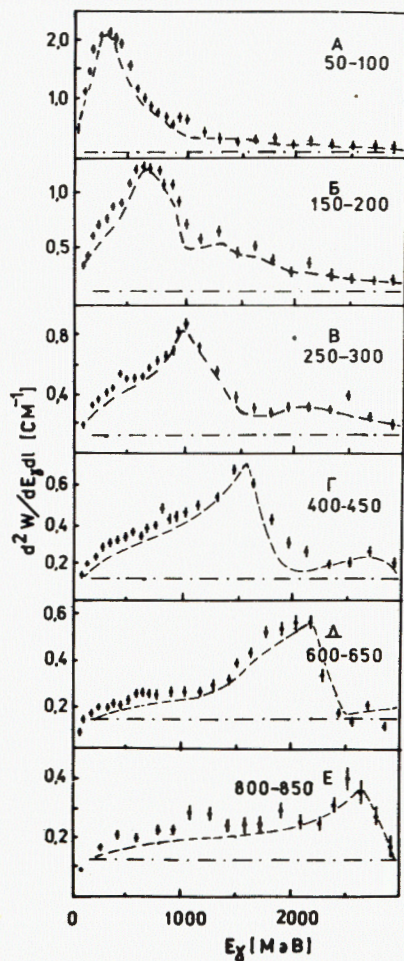


Рис. 1. Ориентация вектора начального импульса позитрона \vec{P} относительно кристаллографических осей и структура обратной решетки плоскости /111/ кристалла кремния.

нал в черенковском счетчике полного поглощения и совпадение энергий γ -кванта и прошедшего через кристалл e^+ с энергией падающего e^+ .

На рис.2 показаны спектральные распределения энергии излучения позитронов в кристалле кремния для различных углов падения относительно кристаллографической плоскости /110/. Штрихпунктирная линия иллюстрирует уровень тормозного излучения в аморфном веществе, штриховые кривые - расчетные значения спектров КТИ, выполненные с учетом угловых распределений падающих и выходящих позитронов, согласно процедуре, предложенной в^{10/}. Так как область отбираемых событий по углу ϕ относительно плоскости /110/ мала /50 мкрад/ по сравнению с угловой расходимостью падающего пучка /~1 мрад/, то распределение входных углов может быть принято равновероятным. Из-за небольшого многократного



рассеяния e^+ в кристалле /~50 мкрад для одной проекции/ выходные распределения по форме также не сильно отличаются от прямоугольного. Кроме того, из-за большой величины угла β по сравнению с ϕ его влияние на спектры КТИ проявляется слабо^{10/}. Поэтому реальные средние распределения потока позитронов по углам ϕ и β для ускорения расчетов были заменены прямоугольными с шириной 70 мкрад по углу ϕ и - 0,5 мрад по углу β . Видно, что расчетные спектры КТИ достаточно удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными даже для упрощенной схемы учета углового распределения потока позитронов в кристалле как по величине, так и по положению максимумов распределений. Приведенные в^{10/} расчетные спектры для больших углов также согласуются с эксперимен-

Рис.2. Спектральная плотность КТИ для различных интервалов углов падения относительно плоскости /110/. Величина интервалов указана в мкрад.

тальными, хотя угловая расходимость по ϕ там принималась равной 50 мкрад. В случае малых углов становится существенным уширение среднего углового распределения позитронов, проходящих через кристалл, за счет многократного рассеяния, поскольку его величина сравнима как с величиной начальной угловой расходимости, так и с величиной среднего угла относительно плоскости/110/. При увеличении среднего угла влияние многократного рассеяния становится менее существенным, да и экспериментально измеренные спектры менее точны из-за меньшей статистической обеспеченности.

Таким образом, при учете угловой расходимости спектры, получаемые по теории КТИ для угловых интервалов, начиная с 50 мкрад относительно плоскости /110/ /область так называемых "надбарьерных" частиц/, удовлетворительно совпадают с экспериментальными. Совпадение экспериментальных и расчетных данных свидетельствует также о правильности калибровки амплитудного тракта спектрометра CsJ(Tl) и надежности абсолютной нормировки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тер-Микаелян М.Л. ЖЭТФ, 1953, т. 25, с. 296.
2. Dyson F., Uberall H. Phys.Rev., 1955, v.99, p. 604; Uberall H. Phys.Rev., 1956, vol. 103, p. 1055; 1957, vol. 107, p. 223.
3. Diambrini G. Rev.Mod.Phys., 1968, v.40, p.611.
4. Tim U. Fortschritte der Physik, 1969, v.17, p. 765.
5. Гришаев И.А. и др. ЖЭТФ, 1977, 72, с. 437.
6. Машиев В.А. и др. ЖЭТФ, 1979, 77, с. 1709; ЖЭТФ, 1980, 79, с. 1648.
7. Ахиезер А.И. и др. ЖЭТФ, 1979, 76, с. 1244.
8. Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, P13-82-547, Дубна, 1982.
9. Бавижев М.Д. и др. Препринт ИФВЭ, 82-740П, Серпухов, 1982.
10. Зимин Н.И. ОИЯИ, P1-83-294, Дубна, 1983.
11. Булгаков Н.К. и др. ОИЯИ, P1-83-603, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 мая 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтринной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Булгаков Н.К. и др.

1-84-372

Когерентное тормозное излучение позитронов в тонком кристалле кремния

Представлены экспериментальные и расчетные спектры излучения позитронов с энергией 10 ГэВ, движущихся под малыми углами к плоскости /110/ кристалла кремния толщиной 113 мкм. Показано, что при учете угловой расходимости пучка позитронов спектральная плотность излучения, рассчитанная по традиционной теории КТИ, удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными начиная уже с углов падения на кристалл вслед за критическим углом каналирования.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Bulgakov N.K. et al.

1-84-372

Coherent Bremsstrahlung from Positrons in a Thin Si Crystal

Experimental and calculated spectra of radiation are presented for 10 GeV positrons with small incident angles with respect to the (110) plane in silicon single crystal 113 μm in thickness. It is shown that the spectral density of radiation, calculated using coherent bremsstrahlung theory taking into account incident beam angular divergence, agrees with experimental data for incident angles behind the critical channeling angle.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984