

СУЖЕНИЕ КОНУСА ИЗЛУЧЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ОРИЕНТИРОВАННОМ КРИСТАЛЛЕ АЛМАЗА

*А.О.Аганьянц, Ю.А.Варганов,
Г.А.Вартапетян, В.Я.Яралов*

Обнаружено уменьшение ширины угловых распределений гамма-квантов с энергией ~ 100 МэВ в $2 \div 3$ раза по сравнению с разориентированным кристаллом при толщинах алмаза 100 и 470 мкм.

Первые указания на свойство сильной направленности вперед излучения электронов, взаимодействующих с полями кристаллических плоскостей и осей, получены в работах ^{1, 2}. Такая особенность излучения проявилась при коллимации γ -пучка в пределах половины характерного для релятивистских электронов угла излучения m/E (m, E – масса и энергия электрона) и регистрация в этих условиях превышения выхода низкоэнергетического излучения по сравнению с разориентированным кристаллом на два порядка на алмазах с толщинами до 500 мкм.

В работе ³ указывалось, что в режиме каналирования угловое распределение излучения электронов не связано с многократным рассеянием и потому ширина распределения уменьшается по сравнению с тормозным излучением. Однако, как показано в настоящей работе, острая направленность излучения наблюдается не только в условиях каналированного движения.

Прямые измерения распределений γ квантов по углам вылета из кристалла, выполненные до настоящего времени представляют ограниченную информацию, которая, в основном, получена в экспериментах с каналированными позитронами ⁴. Необходимо было выполнить измерения угловых распределений γ -квантов с различными энергиями в широком диапазоне углов вылета электронов относительно плоскостей и осей монокристалла при различных его толщинах.

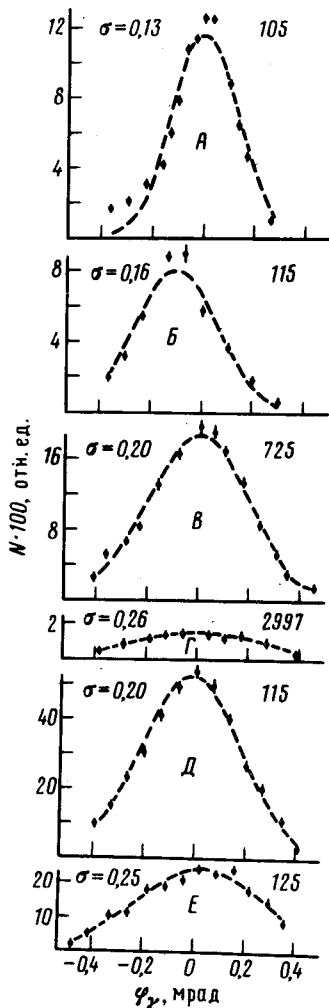


Рис. 1

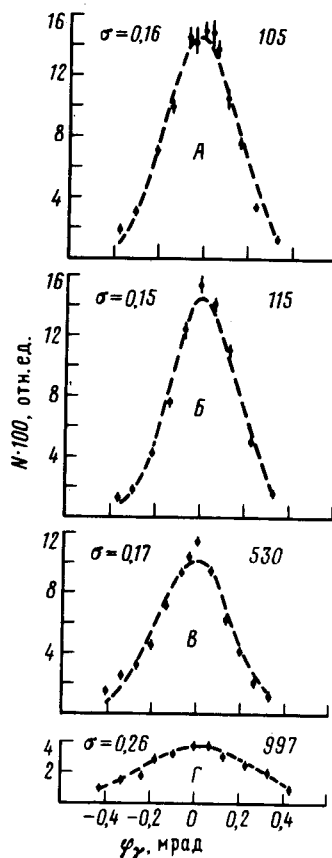


Рис. 2

Рис. 1. Распределения γ -квантов по углам вылета из кристалла в направлении, перпендикулярном к плоскости (110). Толщина алмаза 100 мкм. Пунктирные кривые – аппроксимации экспериментальных данных распределением Гаусса. В левом углу каждого рисунка указаны стандартные отклонения для приведенных кривых, а в правом углу – энергии γ -квантов в МэВ. Рисунки А, Б, В, Г относятся к плоскости (110), Д, Е к оси [100] и отличаются углами влета электронов: А – 0, Б – $1,3 \cdot 10^{-4}$, В – $8,6 \cdot 10^{-4}$, Г – 0, Д – 0, Е – $3 \cdot 10^{-4}$ рад. При разориентированном кристалле $\sigma = 0,24 \pm 0,02$ мрад

Рис. 2. То же, что и на рис. 1, но в направлении, параллельном плоскости (110). Толщина алмаза 470 мкм. Углы влета электронов относительно плоскости (110) равны: А – 0, Б – $1,3 \cdot 10^{-4}$, В – $9,3 \cdot 10^{-4}$ рад, Г – 0. При разориентированном кристалле $\sigma = 0,45 \pm 0,04$ мрад

Эксперимент проводился на внутреннем электронном пучке Ереванского синхротрона с расходимостью пучка $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ рад, что при энергии электронов 4,4 ГэВ меньше критического угла каналирования Линдхарда для плоскости (110), $\theta_k \approx 10^{-4}$ рад и оси [110], $\theta_k \approx$

$\approx 2 \cdot 10^{-4}$ рад. Энергии γ -квантов измерялись парным магнитным спектрометром (ПМС) ⁵ с нижней границей регистрируемой энергии в настоящей работе $E_\gamma \sim 90$ МэВ, которая только на 30 МэВ превышает пиковую энергию в спектре плоскостного каналирования ².

Угловое распределение исследовалось при сканировании профиля пучка γ -квантов в горизонтальной проекции подвижной узкой мишенью ПМС на расстоянии 30 м от кристалла алмаза. Размеры сформированного на этом расстоянии профиля пучка составили: 9 мм по вертикали, 25 мм по горизонтали. Разрешение установки по углу вылета γ -квантов, определялось размерами алмаза и мишени ПМС в горизонтальной проекции и составляло 0,027 мрад.

На рис. 1 и 2 представлены распределения γ -квантов по углам вылета из кристаллов. Указанные на рисунках значения стандартных отклонений определены с точностью $\pm (3 \div 6) \%$. Как видно из рис. 1, сужение ширины угловых распределений в направлении, перпендикулярном плоскости (110), по сравнению с разориентированным кристаллом, наблюдается, как в условиях каналирования (кривая А), так и при отсутствии его (Б), а также и в когерентном тормозном излучении (В). Приведенные на рис. 2 распределения, наоборот, регистрировались в направлении, параллельном плоскости (110). Согласно работам ^{6, 7} из-за хаотического расположения атомов в плоскости кристалла нескоррелированное многократное рассеяние электронов, а, следовательно, и угловое распределение излучения остаются такими же, как в аморфной среде. Однако результаты, приведенные на рис. 2 (А, Б, В), демонстрируют значительное по сравнению с разориентированным кристаллом сужение распределения. Различия в толщинах алмаза и в направлениях вылета γ -квантов соответствующей энергии почти не отразились на ширинах угловых распределений. Такое поведение связано с уменьшением многократного рассеяния в ориентированном кристалле. Сужение распределений γ -квантов в направлении, параллельном плоскости (110), при толщине 470 мкм есть также свидетельство нетривиальной природы подавления рассеяния.

В условиях каналирования электронов вблизи оси [100] (рис. 1, Д) также наблюдается уменьшение ширины распределения.

В эксперименте измерялись, кроме того, угловые распределения γ -квантов из жесткой части спектра (рис. 1, Г и 2, Г), которые оказались более широкими по сравнению с кривыми (рис. 1, А и 2, А), однако, и в этом случае наблюдается независимость от толщины кристалла и направления вылета γ -квантов.

Из других особенностей излучения электронов отметим сдвиг максимумов распределений относительно направления движения первичных электронов (рис. 1, Б; 1, Е). Сдвиг произошел в противоположную сторону от направления поворота соответственно плоскости и оси.

Литература

1. Аганьянц А.О., Вартапов Ю.А., Вартапетян Г.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, 554.
2. Авакян Р.О., Аганьянц А.О. и др. ЯФ, 1982, 35, 387.
3. Кумахов М.А., Трикалинос Х.Г. ЖЭТФ, 1980, 78, 1623.
4. Бавижев М.Д., Булгаков Н.К. и др. Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 462.
5. Аганьянц А.О., Вартапов Ю.А., Вартапетян Г.А. Письма в ЖЭТФ, 1985, 42, 325.
6. Шульга Н.Ф., Трутень В.И., Фомин С.П. Препринт ХФТИ, 80-32, Харьков, 1980.
7. Любошиц В.Л., Подгорецкий М.И. Препринт ОИЯИ, Р2-83-607, Дубна, 1983.