

01;05;07;10

СПЕКТР ЖЕСТКИХ ГАММА-КВАНТОВ, ИЗЛУЧАЕМЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЯМИ В СОТНИ ГэВ В ОРИЕНТИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ

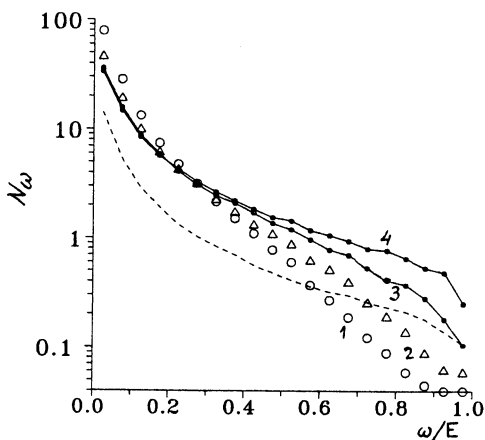
© А.Х.Хоконов, М.Х.Хоконов

Недавние эксперименты [1,2] указывают на возможность эффективной трансформации кинетической энергии сверхбыстрых электронов в энергию жесткого гамма-излучения. Теоретические расчеты, основанные на применении квантовых синхротронных формул [3,4], хорошо описывают экспериментальные результаты для спектров потерь энергии на излучение. Из-за невозможности отдельно регистрировать фотоны, излученные одним электроном, непосредственно измеряемой в экспериментах (см. [1,2]) величиной является $\omega W_\omega(E, z)$, где $W_\omega(E, z)$ есть вероятность того, что суммарная энергия, излученная электроном с начальной энергией E равна ω , если толщина кристалла равна z . Практический интерес представляет, однако, спектр одиночных фотонов $N_{\omega(z)}$ — число фотонов с частотой ω , излученных в кристалле с толщиной z .

В данной работе представлены результаты расчетов методом Монте-Карло спектров одиночных фотонов $N_{\omega(z)}$. Схема компьютерного моделирования подробно описана в работах [4,5]. В основе расчетов лежат два основных приближения: синхротронное приближение для расчетов сечений излучения гамма квантов и предположение о равномерном распределении каналированных электронов внутри доступной области в поперечной плоскости. В отличие от наших предыдущих работ [4-6] в данных расчетах нами разыгрывались поперечные координаты точки излучения, а также учитывался вклад некогерентного тормозного излучения в общий спектр.

Для того чтобы судить об эффективности ориентированного кристалла для получения большого числа жестких гамма-квантов, необходимо сравнить соответствующие расчеты с расчетами для аморфной среды с оптимальной толщиной. Согласно нашим расчетам, учитывающим поглощение излученных фотонов за счет образования пар e^-e^+ , оптимальной толщиной для аморфной среды является $z = L_{\text{rad}}/2$, где

$$1/L_{\text{rad}} = 4\alpha Z^2 r_e^2 N \log(183Z^{-1/3}),$$



Число излученных фотонов $N_\omega(z)$ как функция их энергии ω ; 1 — кремний $\langle 110 \rangle$ с толщиной 1400 мкм при $E = 150$ ГэВ, 2 — германий $\langle 110 \rangle$ 600 мкм при $E = 150$ ГэВ, сплошные кривые соответствуют: золоту $\langle 100 \rangle$ 200 мкм для энергий пучка 150 ГэВ (кривая 3) и 1000 ГэВ (кривая 4). Пунктирная кривая — спектр тормозного излучения в аморфной среде толщиной $L_{\text{rad}}/2$.

здесь $\alpha = 1/137$, Z — атомный номер мишени, r_e — классический радиус электрона, N — плотность атомов среды.

При этом, как известно, спектр тормозного излучения описывается универсальной кривой, слабо зависящей от порядкового номера мишени и от энергии электронов (предполагается, что толщина мишени измеряется в единицах радиационной длины L_{rad}).

На рисунке представлены результаты наших расчетов спектров излучения одиночных фотонов при попадании пучка электронов с малой угловой расходимостью $\sim 0.2\theta_L$ (здесь θ_L — критический угол каналирования) в ориентированные кристаллы вдоль кристаллографических осей. Окружности соответствуют кристаллу кремния $\langle 110 \rangle$ с толщиной 1400 мкм при энергии электронов 150 ГэВ, треугольники — германий $\langle 110 \rangle$ с толщиной 60 мкм, энергия пучка 150 ГэВ. Сплошные кривые соответствуют кристаллу золота с толщиной 200 мкм при энергиях пучка 150 ГэВ (кривая 3) и 1000 ГэВ (кривая 4). Пунктирная кривая — Бете-Гайтлеровский спектр для аморфной среды с толщиной $z = L_{\text{rad}}/2$. Как это следует из расчетов, в области больших энергий гамма-квантов $\omega > (0.7-1.0)E$ обычное тормозное излучение в толстой аморфной мишени (см. пунктирную кривую на рисунке) более эффективно, чем ориентированные кристаллы кремния и германия рассматриваемых толщин при энергиях пучка 150 ГэВ, тогда как для более мягких фотонов с $\omega \sim (0.1-0.3)E$ число излученных фотонов в

ориентированном кристалле может в $\sim 3-5$ раз превышать эту же величину в аморфной среде. При переходе к более тяжелым кристаллам и к более высоким энергиям электронов эффективность ориентированных кристаллов по сравнению с аморфной средой возрастает (см. сплошные кривые 3 и 4 на рисунке). Так, для золота ($Z = 79$) при энергиях электронов более 150 ГэВ число излучаемых фотонов в ориентированном кристалле превышает число фотонов, излученных в аморфной среде, для всех энергий гамма-квантов.

Авторы благодарны профессору Э. Уггерхою за полезное обсуждение ряда вопросов, касающихся результатов данного исследования. Работа поддержана грантом J7U100 Международного научного фонда.

Список литературы

- [1] *Belkacem A. et al.* // Phys. Lett. 1986. V. B213. P. 211.
- [2] *Medenwaldt R. et al.* // Phys. Lett. 1990. V. B242. P. 517.
- [3] *Kononets Yu. V.* // J. Moscow Phys. Soc. 1992. V. 2. P. 71.
- [4] *Khokonov M.Kh.* // Nucl. Inst. Meth. 1993. V. B74. P. 375.
- [5] *Khokonov M.Kh., Tuguz F.K.* // Nucl. Inst. Meth. 1992. V. B82. P. 46.
- [6] *Хоконев М.Х.* // ЖЭТФ. 1993. Т. 103. С. 162.

Кабардино-Балкарский
государственный
университет

Поступило в Редакцию
5 января 1996 г.