

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАСКАДНОЙ КРИВОЙ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЛИВНЯ В СПЕКТРОМЕТРЕ С КОНВЕРТЕРОМ ИЗ ОРИЕНТИРОВАННОГО КРИСТАЛЛА

В. А. Басков

На основе экспериментальных результатов развития электромагнитных ливней от электронов 26 ГэВ в р-ориентированных и ориентированных вдоль оси $\langle 111 \rangle$ кристаллах вольфрама 2.7, 5.8 и 8.4 мм и далее в составном черенковском ливневом спектрометре сделаны оценки параметров каскадной кривой развития ливней в спектрометре с конвертером из 1 мм кристалла вольфрама.

Ключевые слова: электромагнитный спектрометр, ориентированный кристалл, каскадная кривая.

В рамках программы изучения эффектов квантовой электродинамики в сильных полях ориентированных кристаллов в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН были проведены экспериментальные исследования развития электромагнитных ливней в ориентированных кристаллах (“аномальных” ливней) от электронов с энергией 28 и 31 ГэВ. Был использован кристалл вольфрама толщиной 1 мм [1–5]. В последующих исследованиях ливневых процессов в ориентированных кристаллах от электронов с энергией 26 ГэВ были использованы толстые кристаллы вольфрама 2.7, 5.8 и 8.4 мм [6, 7]. Для построения энергетической зависимости отклика электромагнитного спектрометра, регистрирующего “аномальные” ливни, необходимо иметь развитие ливней для нескольких энергий электронов в ориентированном конвертере одной толщины.

В данной работе на основе экспериментальных результатов исследований отклика электромагнитного спектрометра с конверторами из ориентированных кристаллов вольфрама 2.7, 5.8 и 8.4 мм при энергии электронов 26 ГэВ, представленных в [6], сделана оценка отклика электромагнитного спектрометра с конвертером из 1 мм кристалла

вольфрама при той же энергии электронов. Была сделана оценка параметров каскадной кривой развития электромагнитного ливня в спектрометре [7].

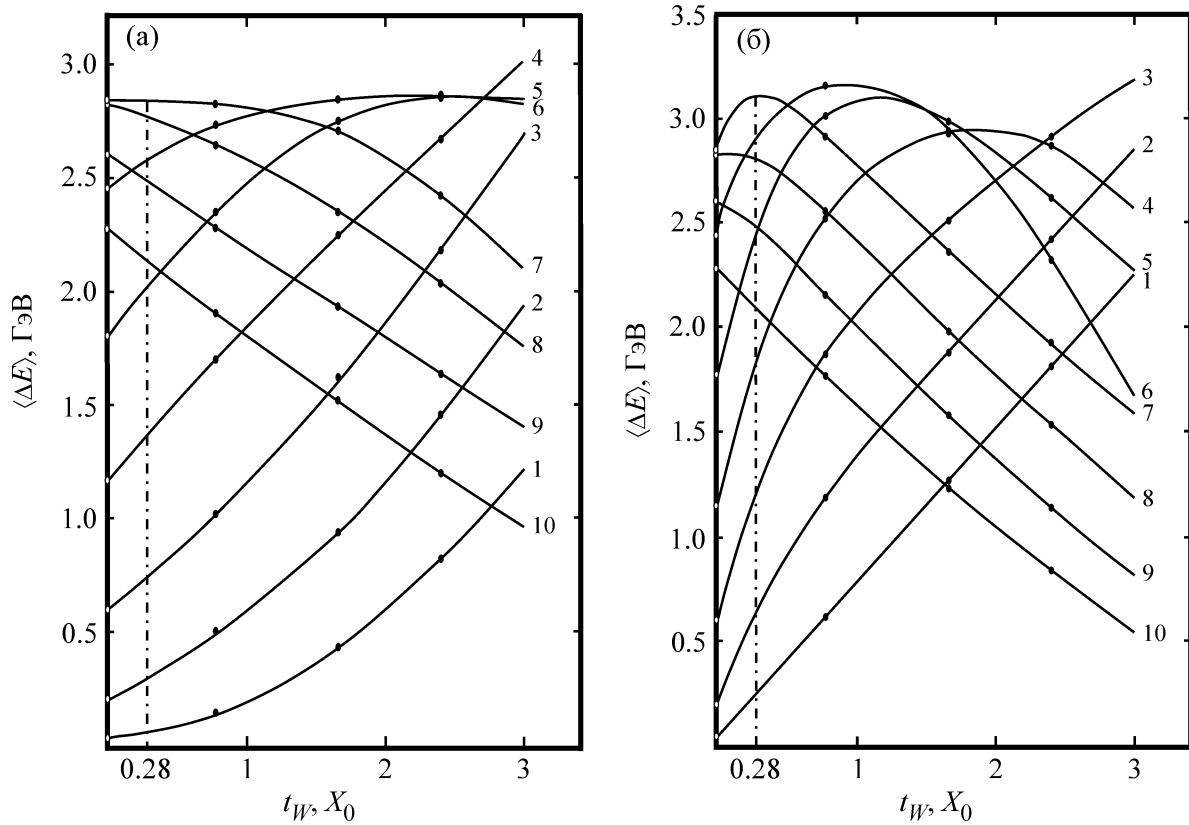


Рис. 1: Зависимость энергосвечения в счетчиках СЧЛС от толщины вольфрамового кристаллического конвертора (энергия электронов $E = 26$ ГэВ; конвертор разориентирован (а) и ориентирован вдоль оси $\langle 111 \rangle$ (б); $\langle \Delta E \rangle$ – средняя энергия ливня, выделившаяся в счетчике СЧЛС; t_W – толщина конвертора; номера счетчиков СЧЛС указаны справа от кривых).

Исследования ливневых процессов в кристаллах были выполнены на установке “Каскад” на электронном канале 2В ускорителя ИФВЭ [9].

В качестве конверторов использовались кристаллы вольфрама ($X_0 = 3.5$ мм, X_0 – радиационная длина), находящиеся при комнатной температуре $T = 293$ К. Ориентация кристаллов осуществлялась вдоль оси $\langle 111 \rangle$, кристалл считался разориентированным (аморфным) при $\Theta = 20$ – 30 мрад. Мозаичность кристаллов составляла $\Delta\Theta_W \approx 1$ мрад. В эксперименте использовался пучок электронов с энергией $E = 26$ ГэВ с расходимостью $|v| \leq 0.1$ мрад по основанию [6, 9].

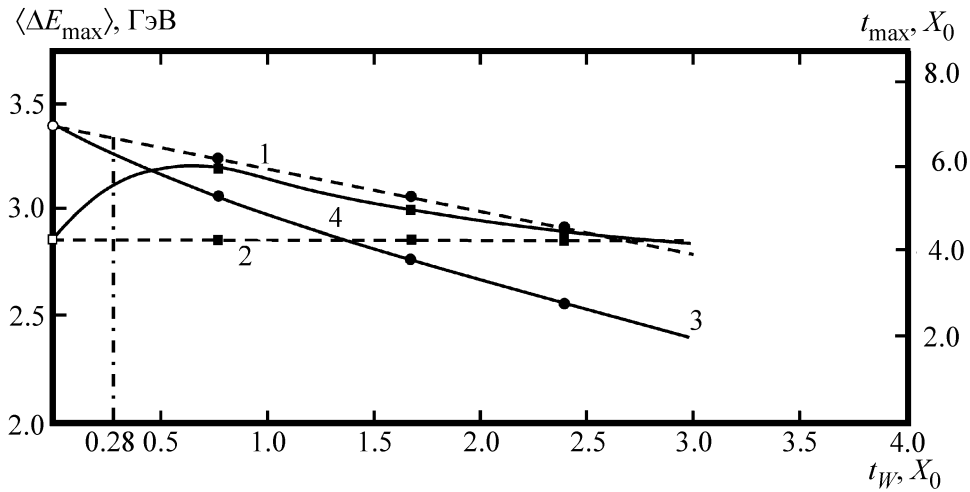


Рис. 2: Зависимости положения максимума каскадной кривой (t_{\max}) (1, 3) и среднего энерговыделения в максимуме каскадной кривой ($\langle \Delta E_{\max} \rangle$) (2, 4) от толщины разориентированного кристалла (t_W) (средняя энергия электронов в пучке – $E = 26$ ГэВ; • – кристалл перед СЧЛС отсутствует); $T_W = 293$ К; 1 и 2 – кристалл разориентирован ($\Theta \geq 20$ мрад); 3 и 4 – кристалл ориентирован вдоль оси $\langle 111 \rangle$ ($\Theta = 0$)).

Для регистрации электромагнитных ливней использовался составной черенковский ливневый спектрометр (СЧЛС), находящийся в 45 см за конвертером. СЧЛС состоял из 10 независимых светоизолированных счетчиков (радиаторов) из свинцового стекла ТФ-1. Счетчики имели одинаковый размер 100×100 мм² и толщину $1X_0$ [9, 10].

В [6] приведены дифференциальные (каскадные) кривые развития электромагнитных ливней от электронов с энергией 26 ГэВ, выходящие из разориентированных и ориентированных кристаллов вольфрама и далее продолжающие развиваться в СЧЛС. На рис. 1 представлены те же каскадные кривые в терминах зависимости энерговыделения в каждом счетчике СЧЛС от толщины разориентированного (а) и ориентированного кристалла (б). Анализ кривых рис. 1 даёт возможность по зависимости энерговыделения в каждом счетчике СЧЛС получить значения энерговыделения в счетчиках СЧЛС для толщин кристаллов в диапазоне $t_W \leq 3X_0$.

Для построения оценочных каскадных кривых необходимо дополнительно знать зависимости положения максимума каскадной кривой и величину энерговыделения ливня в максимуме каскадной кривой от толщины разориентированных и ориентированных кристаллов. Указанные зависимости, полученные также на основе данных [6], представлены на рис. 2.

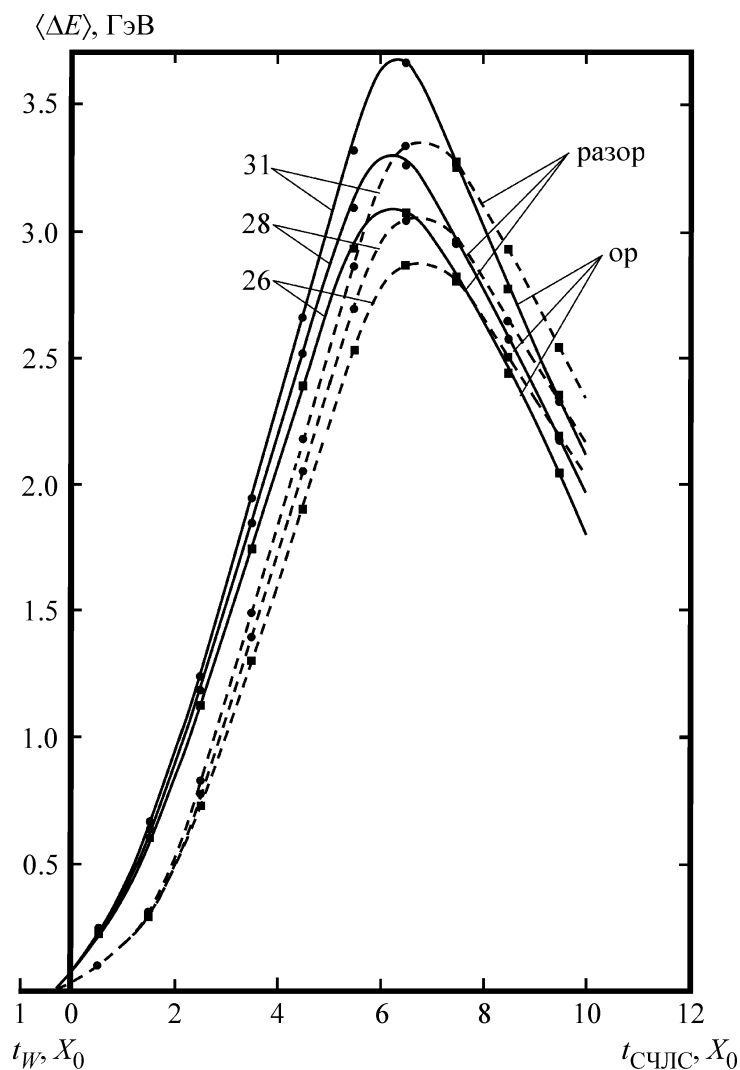


Рис. 3: Каскадные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС от электронов с энергией 26, 28 и 31 ГэВ при разориентированном ($\Theta \geq 20$ мрад) и ориентированном вдоль оси $\langle 111 \rangle$ ($\Theta = 0$) кристаллическим вольфрамовом конвертором ($\langle \Delta E \rangle$ – средняя энергия ливня, выделившаяся в счетчике СЧЛС; t_W и $t_{\text{СЧЛС}}$ – толщины кристаллов и СЧЛС, соответственно; $T_W = 293$ К; \bullet – эксперимент; \blacksquare – оценка; энергия электронов на рисунке в ГэВ показана слева от кривых).

Выделяя на рис. 1 и 2 точки, соответствующие некоторой заданной толщине кристалла вплоть до $t_W \leq 3X_0$, можно получить все параметры (энерговыведение, положение максимума каскадной кривой и энерговыведение в максимуме каскадной кривой) развития ливня в СЧЛС при энергии электронов 26 ГэВ и, в частности, для кристалла

толщиной 1 мм ($t_W = 0.28X_0$). Штрихпунктирные линии на рис. 1 и 2 соответствуют толщине 1 мм.

На рис. 3 представлены каскадные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС при разориентированном и ориентированном конвертере и энергии электронов 26 ГэВ, полученные из оценок, в совокупности с каскадными кривыми при энергии электронов 28 и 31 ГэВ, полученные с тем же конвертером экспериментально [6, 7].

Таким образом, на основе экспериментальных результатов развития электромагнитных ливней от электронов 26 ГэВ в разориентированных и ориентированных вдоль оси $\langle 111 \rangle$ кристаллах вольфрама 2.7, 5.8 и 8.4 мм и далее в СЧЛС сделаны оценки параметров каскадной кривой развития ливней в спектрометре с конвертером из 1 мм кристалла вольфрама при энергии электронов 26 ГэВ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] В. А. Басков, В. В. Ким, Б. И. Лучков, В. Ю. Тугаенко, Краткие сообщения по физике ФИАН **39**(8), 16 (2012).
- [2] В. А. Басков, В. В. Ким, В. А. Хабло, ПТЭ **4**, 13 (2010).
- [3] V. A. Baskov, V. A. Khablo, V. V. Kim et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B **145**, 92 (1998).
- [4] В. Н. Байер, В. А. Басков, В. Б. Ганенко и др., ЖЭТФ **101**, 1351 (1992).
- [5] В. А. Басков, В. В. Ким, В. А. Хабло, В. И. Сергиенко, Сообщение на рабочем совещании по исследованию эффектов, возникающих при взаимодействии электронов и фотонов с ориентированными кристаллами, ОФВЭ ФИАН, Троицк (1987).
- [6] В. А. Басков, Краткие сообщения по физике ФИАН **39**(10), 8 (2012).
- [7] В. А. Басков, Препринт ФИАН № 9, Москва (2012).
- [8] В. А. Басков, В. В. Ким, В. А. Хабло, ПТЭ № 4, 13 (2010).
- [9] В. А. Басков, В. В. Ким, В. А. Сергиенко, В. А. Хабло, ПТЭ № 5, 58 (1990).
- [10] В. А. Басков, А. С. Белоусов, В. В. Ким и др., ПТЭ № 5, 66 (2011).

Поступила в редакцию 10 октября 2012 г.