

- [1] *Винецкий В. Л., Кухтарев Н. В., Одулов С. Г., Соскин М. С.* // УФН. 1979. Т. 129. № 1. С. 113—137.
- [2] *Зельдович Б. Я., Лернер П. Б.* // Квантовая электрон. 1983. Т. 10. № 9. С. 1764—1770.
- [3] *Сандер Е. А., Шойдин С. А.* // Опт. и спектр. 1985. Т. 58. Вып. 1. С. 200—202.
- [4] *Винецкий В. Л., Кухтарев Н. В., Семенец Т. И.* // Квантовая электрон. 1981. Т. 8. № 1. С. 217—220.
- [5] *Грозный А. В., Духовный А. М., Лещев А. А. и др.* // Оптическая голография. Л., 1979. С. 92—122.
- [6] *Лашков Г. И., Суханов В. И.* // Опт. и спектр. 1978. Т. 44. Вып. 5. С. 1008—1015.
- [7] *Лашков Г. И., Суханов В. И.* // Тр. ГОИ. Л., 1987. Т. 63. Вып. 197. С. 18—52.
- [8] *Сандер Е. А., Суханов В. И., Шойдин С. А.* // Оптическая голография. Л., 1983. С. 77—89.

Поступило в Редакцию
13 октября 1988 г.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ β -ЧАСТИЦ

А. В. Велько, Н. П. Калашиников

Одна из задач физики элементарных частиц, астрофизики и ускорительной техники состоит в определении энергии релятивистских заряженных частиц. Для ее решения используют известные способы, основанные, например, на анализах пробегов частиц, интегрального ионизационного и сцинтилляционного эффектов в газе и полупроводниковых материалах, излучения Черенкова—Вавилова и др. [1]. Однако каждый метод имеет свои недостатки. Так, в методе, основанном на излучении Черенкова—Вавилова, необходимо учитывать переходное и тормозное излучения частицей, многократное рассеяние, уменьшение энергии частицы на излучение при прохождении через вещество. Кроме того, некоторые ограничения накладываются и на среду, в которой происходит излучение Черенкова—Вавилова: минимальная оптическая дисперсия, малая плотность и малый атомный номер, что технически трудно реализуемо. Существенный недостаток данного способа — ограничение на верхнюю границу измеряемой энергии. Это вызвано зависимостью излучения Черенкова—Вавилова от величины $\beta = v/c$, которая для релятивистских частиц $\beta \approx 1$ и не несет достаточной информации об энергии частиц.

В данной работе для определения энергии релятивистских β -частиц (электронов, позитронов) предлагается использовать эффект каналирования и излучения частиц в монокристаллах, подвергнутых воздействию внешних периодических (гиперзвуковых либо электромагнитных) волн.

Рассмотрим плоскостное каналирование релятивистских позитронов. Влетающий в монокристалл под углом θ к оси канала ($\theta \leq \theta_c$, θ_c — критический угол каналирования) позитрон захватывается в режим плоскостного каналирования и излучает узкие пучки жестких гамма-квантов [2]. В монокристалле с помощью внешних пьезоисточников создадим стоячие продольные либо поперечные гиперзвуковые волны, что приводит к усилению интенсивности излучения каналированной частицы при определенных условиях [3, 4]. Спектральная и интегральная интенсивности излучения частиц становятся зависимыми от частоты ω_s внешних периодических колебаний (ВПК).

На рис. 1 видна резонансная зависимость относительной интенсивности излучения каналированного позитрона от ω_s . Условие резонанса (пик относительной интенсивности первой гармоники излучения) возникает при $\lambda_0 = \xi \lambda_s$, где $\lambda_s = (2\pi v_s)/\omega_s$ — длина волны ВПК, v_s и ω_s — скорость и частота ВПК, $\lambda_0 = (2\pi c)/\omega_0$ — длина волны механических колебаний частицы в канале кристалла. Параметр ξ принимает два значения: $\xi = 1$ для поперечных ВПК, $\xi = 2$ для продольных ВПК.

Резонансная частота $\omega_{s, \text{рез}}$ ВПК, соответствующая резонансу, позволяет определить количественно энергию ультрарелятивистских β -частиц

$$E \approx \xi^2 \frac{8U_0 v_s^2}{d^2 \omega_{s, \text{рез}}^2}, \quad (1)$$

где U_0 — максимальное значение потенциальной энергии позитрона в канале, d — межплоскостное расстояние.

На рис. 2 показана зависимость частоты $\omega_{s, \text{рез}}$ поперечных ВПК при резонансе от энергии E позитрона. Расчеты проведены для различных ориентаций кристаллов. Например, при каналировании позитрона в монокристалле кремния в направлении (100) $U_0 = 13$ эВ, $d = 1.36 \text{ \AA}$ [2] при угле влета $\theta = 0.3 \cdot 10^{-4}$ в случае поперечных гиперзвуковых волн ($v_s = 3.77 \cdot 10^3$ м/с) резонанс имеет место при $\omega_{s, \text{рез}} = 2.11 \cdot 10^9$ Гц, что соответствует энергии позитрона $E = 17.964$ ГэВ. Точность оценки по энергии составляет порядка 0.2%.

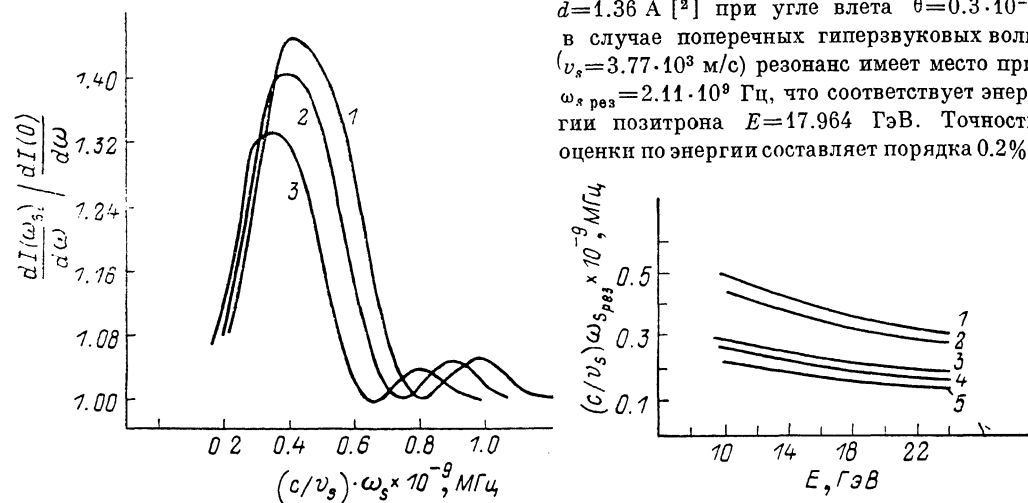


Рис. 1. Зависимость относительной интенсивности первой гармоники на максимальной частоте излучения каналированного в кристалле (110) W позитрона от частоты ω_s поперечных ВПК.

E , ГэВ: 1 — 12, 2 — 14, 3 — 18; $c/v_s = 1.14 \cdot 10^9$.

Рис. 2. Зависимость резонансной частоты $\omega_{s, \text{рез}}$ поперечных ВПК от энергии позитрона для различных монокристаллов.

1 — W (100), 2 — W (110), 3 — Ge (100), 4 — Ge (110), 5 — Si (100).

Данный способ позволяет проводить и относительный анализ энергии релятивистских β -частиц, используя стандартные спектры излучения каналированных частиц в поле ВПК заданных энергий, частот ВПК и стандартных образцов монокристаллов.

В отличие от анализа энергии частиц по спектрам излучения при каналировании, когда в кристалле отсутствуют ВПК, предлагаемый способ позволяет исследовать пучки в основном высоких (~ 10 —100 ГэВ) энергий. С увеличением энергии падающего пучка ультрарелятивистских частиц частота $\omega_{s, \text{рез}}$ сдвигается в область меньших значений, что облегчает детектирование и определение энергии частиц.

Список литературы

- [1] Абрамов А. И., Казанский Ю. А., Матусевич Е. С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985. 488 с.
- [2] Калашников Н. П. Когерентные взаимодействия заряженных частиц в монокристаллах. М.: Атомиздат, 1981. 224 с.
- [3] Велько А. В. // Матер. IV Гродненской обл. конф. молодых ученых и специалистов. Гродно, 1987. С. 20—21.
- [4] Мкртчян А. Р., Гаспарян Р. А., Габриелян Р. Г. // ЖЭТФ. 1987. Т. 93. Вып. 2 (8). С. 432—436.

Гродненский государственный университет

Поступило в Редакцию
14 декабря 1988 г.