

темп ускорения (порядка 10 ГэВ/км) делает сооружение гигантским по размеру, а большие эммитансы пучков не позволяют получить высокую светимость. Поэтому в проекте ВЛЭПН разрабатывается линейный ускоритель нового типа («суперлинак») с темпом ускорения 100 ГэВ/км, а для формирования пучков предусмотрены спец. накопители, где действует радиац. охлаждение. По оценкам, в этом проекте достигнута светимость $\sim 10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Разрабатываются также спец. методы для поляризации пучков перед ускорением (в т. ч. генерация продольно поляризованных электронов и позитронов на мишени квантами жёсткого циркулярно поляризованного синхротронного излучения частиц, проходящих через спиральные *ондуляторы*, установленные в транспортировочных каналах). Ближайшее будущее В. п. $\bar{p}p$ — проекты Тэватрон и УНК, реализация к-рых началась.

Второе направление — расширение набора взаимодействующих частиц. В. п. e^+e^- и $\bar{p}p$ представляют собой соответственно лентон-антилентонные и кварк-антикварковые В. п. Однако не меньший интерес представляет изучение взаимодействия всех осн. фундам. частиц — лептонов и кварков: лептон-лептонные (e^-e^-), кварк-лептоновые (pe^-), кварк-антилептонные (pe^+) В. п., а также взаимодействие с участием фотонов, в т. ч. В. п. $\gamma\gamma$. В дальнейшем станут доступны эксперименты на встречных дейтрон-антидейтронных пучках, к-рые нужны, в частности, для изучения нейтрон-антинейтронных взаимодействий. Эффективность накопления антидейтронов лишь на 4 порядка ниже, чем антипротонов, так что вполне достижима светимость $\sim 10^{27} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ и выше. По-видимому, будут реализованы и эксперименты на В. п. нестабильных частиц — мюонов и пионов.

Третье направление — развитие метода В. п. в области средних, низких и «сверхнизких» энергий, что позволяет исследовать кварк-глюонные системы при таких энергиях; для этого нужны установки со В. п. e^+e^- и $\bar{p}p$ в области $E_p = 3-5 \text{ ГэВ}$, обладающие светимостью $10^{32}-10^{33} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

И во всех случаях очень острой будет необходимость получения поляризованных В. п.

Лит.: 1) Kerst D. et al., Attainment of very high energy by means of intersecting beams of particles, «Phys. Rev.», 1956, v. 102, p. 590; O'Neill G., Storage rings for electrons and protons, in: Proc. intern. conf. on high-energy accelerators and instrum., v. 1, Gen., 1959, p. 125; в рус. пер., в сб.: Накопление релятивистских частиц, М., 1963; Будкер Г. И., Ускорители со встречными пучками частиц, «УФН», 1966, т. 89, с. 533; 2) Скрипский А. Н., Ускорительные и детекторные перспективы физики элементарных частиц, «УФН», 1982, т. 138, с. 3; 3) Балакин В. Е., Будкер Г. И., Скрипский А. Н., О возможности создания установок со встречными электрон-позитронными пучками на сверхвысоких энергиях, в сб.: Проблемы физики высоких энергий и управляемого термоядерного синтеза, М., 1981; 4) Chirikov B. V., A universal instability of many-dimensional oscillator systems, «Phys. Repts», 1979, v. 52, № 5, p. 263; 5) Дербенёв Я. С. и др., Поляризованные частицы в накопителях, в кн.: Труды X Международной конференции по ускорителям заряженных частиц высоких энергий, т. 2, Серпухов, 1977. П. Н. Мешков.

ВТОРАЯ ВЯЗКОСТЬ — то же, что *объёмная вязкость*. **ВТОРАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ** — см. *Космические скорости*.

ВТОРИЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ — испускание электронов (вторичных) твёрдыми и жидкими телами при их бомбардировке первичными электронами. Инерционность В. э. э. (промежуток времени между входом в мишень первичных и выходом вторичных электронов) не превышает $10^{-14}-10^{-12} \text{ с}$. При толщине эмиттера, меньшей пробега первичных электронов, вторичные электроны эмитируются как со стороны бомбардируемой поверхности (В. э. э. «на отражение»), так и с её обратной стороны (В. э. э. «на прострел»). Вторичные электроны имеют непрерывный энергетич. спектр от энергии $E=0$ до энергии первичных электронов E_p (рис. 1). Поток вторичных электронов состоит из упруго, квазиупруго (испытывавших характеристич. потери энергии до сотен мэВ на возбуждения ко-

лебаний кристаллической решётки), неупруго отражённых первичных электронов ($E > 50 \text{ эВ}$) и истинно вторичных электронов ($E \leq 50 \text{ эВ}$). Последние представляют собой электроны вещества, получившие от первичных и неупруго отражённых первичных электронов энергию, достаточную для выхода в

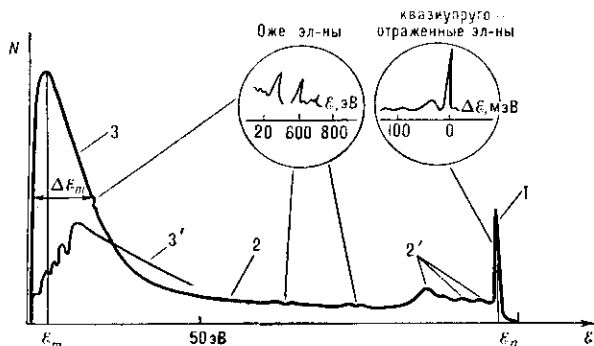


Рис. 1. Энергетический спектр вторичных электронов: 1 — упруго и квазиупруго отражённые электроны (в т. ч. с характеристическими потерями энергии — 2'); 2 — истинно вторичные электроны; 3' — спектр истинно вторичных электронов для плоскости (100) монокристалла W, полученный в узком телесном угле.

вакуум, т. е. превышающую *работу выхода*. Для металлов наиб. вероятная энергия истинно вторичных электронов $E_m \sim 2-4,5 \text{ эВ}$ и полуширина максимума $\Delta E_m \sim \sim 12-15 \text{ эВ}$. Для диэлектриков $E_m \sim 1 \text{ эВ}$ и $\Delta E_m \sim \sim 1,5-3 \text{ эВ}$.

Тонкая структура электронного спектра обусловлена оже-электронами и характеристич. потерями энергии на возбуждения атомов вещества (см. *Оже-эффект*). Она несёт информацию об элементном составе вещества, хим. связях и взаимном расположении атомов. Тонкая структура спектра истинно вторичных электронов, эмитируемых из монокристаллов и регистрируемых в узком телесном угле, отражает распределение плотности

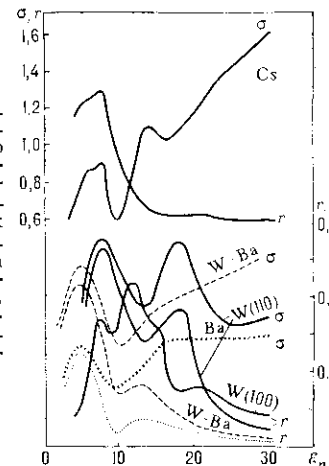


Рис. 2. Зависимости коэффициента вторичной электронной эмиссии σ и упругого отражения r от энергии первичных электронов E_p отсчитываемой от уровня Ферми (E_F), в области малых энергий для W, Ba, вольфрама, покрытого слоем Ba и SsI. Кривым для SsI соответствует масштаб слева, r (E_n) смещена вверх на 0,5. В скобках указаны кристаллографические индексы плоскостей монокристалла.

свободных состояний выше уровня Ферми (см. *Ферми-энергия*).

Количественно В. э. э. характеризуется коэффициентом В. э. э.

$$\sigma = I_1/I_2 = \delta + \eta + r, \quad (1)$$

где I_1 и I_2 — токи первичных и всех вторичных электронов, δ, η, r — коэф. истинной В. э. э., неупругого и упругого отражения первичных электронов соответственно. Коэф. σ, δ и η представляют собой величины, усреднённые по большому числу элементарных