

пучков электронов большой интенсивности их объёмный заряд на нач. участке компенсируют ионами плазмы, образующейся за счёт ионизации газа. В этом случае ускоритель наз. плазменным индукционным Л. у.

К достоинствам индукц. Л. у. относится возможность ускорения сильноточных импульсных пучков со сравнительно высокими значениями кпд и частотами повторения импульсов, к недостаткам — малые длительности импульсов и невысокий темп ускорения.

Хотя принцип ускорения не содержит ограничений на тип ускоряемых частиц, все действующие индукц. Л. у. являются ускорителями электронов. Они применяются как источники интенсивных электронных пучков в установках для коллективного ускорения ионов и для исследований прикладного характера (в т. ч. по термоядерному синтезу, в радиац. химии и т. п.).

Линейный резонансный ускоритель — Л. у., в к-ром частицы ускоряются электрич. ВЧ-полем, двигаясь в ср. синхронно (в резонанс) с изменениями поля. В зависимости от способа реализации принципа резонансного ускорения различают два типа резонансных Л. у.: с бегущими и стоячими волнами.

В ускорителе с бегущей волной (волноводном ускорителе) условие синхронизма соблюдается, если заряд. частицы движутся на гребне эл.-магн. волны, распространяющейся вдоль оси ускорителя с фазовой скоростью v_w , достаточно близкой к скорости перемещения заряд. частиц v . Это условие обычно записывают для безразмерных величин в виде

$$\beta_w = \beta, \quad (4)$$

где $\beta_w = v_w/c$ и $\beta = v/c$. Для создания направленной эл.-магн. бегущей волны применяют волноводы, оканчивающиеся согласованной нагрузкой. Но т. к. фазовая скорость волны в волноводе с гладкими стенками больше скорости света, то его периодически (по длине)

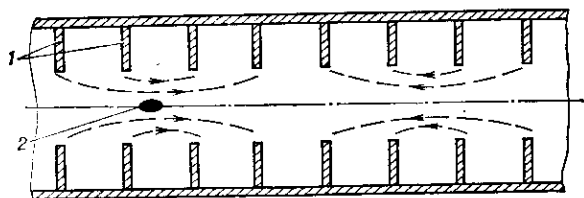


Рис. 2. Ускорение на бегущей волне: 1 — диафрагмированный волновод; 2 — ускоряемый сгусток заряженных частиц. Стрелками показано распределение напряженности электрического поля E , бегущего вдоль волновода.

нагружают, устанавливая, напр., внутри волновода металлич. диафрагмы с отверстиями (рис. 2). Изменением геометрии диафрагм вдоль волновода достигают необходимой зависимости скорости волны от продольной координаты в соответствии с условием синхронизма (4).

При ускорении частиц заметно отличается от скорости к-рых скорость частиц заметно отличается от скорости

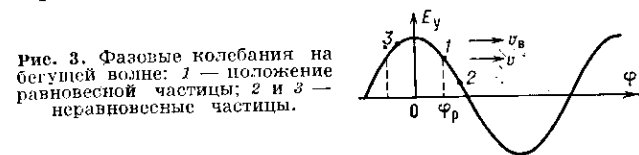


Рис. 3. Фазовые колебания на бегущей волне: 1 — положение равновесной частицы; 2 и 3 — неравновесные частицы.

света, для действия механизма автофазировки фаза идеальной (равновесной) частицы φ_p должна быть опережающей в пространстве по отношению к гребню бегущей волны (рис. 3). В этом случае равновесная частица с зарядом q на длине ускорителя будет получать приращение энергии

$$\Delta w = qL_y E_0 \cos \varphi_p, \quad (5)$$

где E_0 — амплитуда ускоряющего поля, усреднённая по длине ускорителя. Др. частицы, захваченные в ускорение, но пришедшие с фазой φ , отличной от φ_p , будут совершать колебания около равновесной частицы, в ср. набирая примерно равную с ней энергию. В интервале энергий, где $v \approx c$, механизм автофазировки перестаёт действовать, т. к. частицы практически не смещаются по фазе в процессе ускорения и поэтому набирают энергию, пропорциональную $E_0 \cos \varphi$, где φ — фаза, в к-рой «застыла» частица.

Работа ускорителя на стоячей волне принципиально не отличается от рассмотренного способа ускорения, поскольку стоячую волну можно разложить на две волны, бегущие в противоположных направлениях, одна из к-рых, синхронная с движением

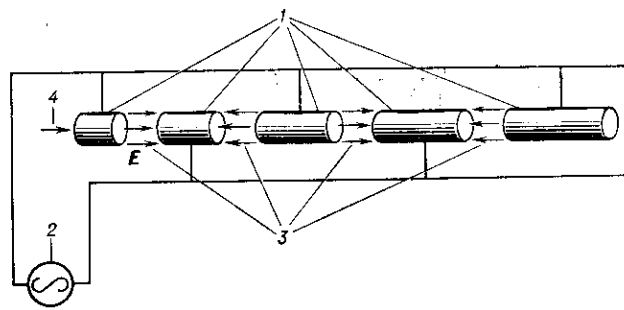


Рис. 4. Схема ускорителя Видероз с дрейфовыми трубками: 1 — дрейфовые трубки; 2 — источник переменного напряжения; 3 — область действия электрического поля E ; 4 — пучок.

частиц, будет передавать им энергию в соответствии с условием резонансного ускорения, а другая, движущаяся в противоположном направлении, не будет оказывать заметного влияния на процесс ускорения. Однако техн. реализация Л. у. на стоячей волне имеет существенн. отличия. Рассмотрим их на примере одной из первых схем такого ускорителя (рис. 4). Ускоритель состоит из источника заряд. частиц и ряда дрейфовых трубок, расположенных вдоль оси и присоединённых через одну к одноимённым клеммам ВЧ-генератора. Поле внутри трубок практически отсутствует и сосредоточено в зазорах между ними. Частица, ускоренная в одном зазоре, будет ускоряться и в след. зазорах, если к моменту её прилёта к след. зазору напряжение на трубках изменит знак, т. е. частица должна пролетать расстояние между двумя зазорами l_y (наз. периодом ускорения) за время, равное полупериоду ВЧ-поля $T/2$. Величины l_y , T и β на каждом участке ускорения связаны соотношением

$$l_y = 0,5\beta\lambda, \quad (6)$$

где $\lambda = cT$ — длина волны ускоряющего поля в свободном пространстве. В совр. ускорителях аналогич. распределение ускоряющих полей создаётся в многозазорных резонаторах (рис. 5, а) или в цепочке связанных резонаторов (рис. 5, б) путём возбуждения в них ВЧ-генераторами стоячих волн с необходимой конфигурацией поля; для них условие резонансного ускорения записывается в более общем виде

$$l_y = n\beta\lambda, \quad (7)$$

где n — целое число, если поля E в соседних зазорах в фазе, и полуцелое, если эти поля в противофазе. Обычно $n \leq 3$. Длины периодов ускорения и длины трубок дрейфа увеличиваются с ростом скорости частиц. Из-за трудностей создания равномерного и стабильного распределения ускоряющего поля вдоль многозазорного ускорителя длины резонаторов в резонансном Л. у. на стоячих волнах ограничиваются значениями $L \leq (15-20)\lambda$.