

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДА УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ОБРАТНОЙ ВОЛНЕ

А.С.Богомолов, Т.С.Бакиров, В.И.Иванников
В.В.Нерос

Приведены результаты первых экспериментальных исследований нового метода ускорения тяжелых заряженных частиц — ускорения на обратной пространственной гармонике бегущего электромагнитного поля.

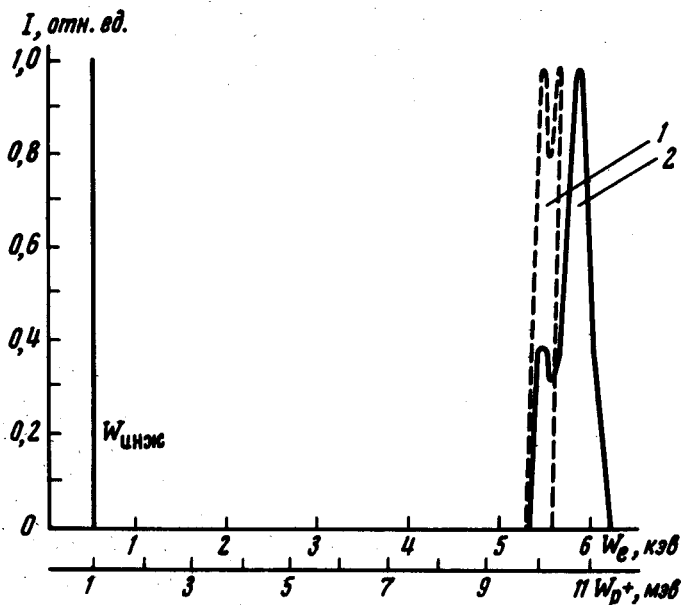
При разработке линейных ускорителей проектировщики постоянно стремятся увеличить удельное приращение энергии частиц (это сокращает длину ускорителя), увеличить частоту применяемого ВЧ генератора (сокращает поперечные размеры), и, конечно, увеличить ток пучка ускоряемых частиц и общий КПД установки. Для тяжелых заряженных частиц в области нерелятивистских значений энергий традиционный подход — ускорители на резонаторах с дрейфовыми трубками — обеспечивает темп $\Delta W / \Delta z \sim 2 + 3 \text{ Мэв/м}$ (для протонов), ток $I \sim 150 + 200 \text{ ма}$, при этом используются ВЧ источники с частотой $f \sim 150 + 200 \text{ Мгц}$. С другой стороны ускорители электронов на бегущей волне имеют $\Delta W / \Delta z \sim 10 + 15 \text{ Мэв/м}$, I до 10 и более а. В них применяются $f \sim 1,3 + 10 \text{ Ггц}$. Заманчивость использования бегущей волны и связанные с этим трудности хорошо известны [1 - 3].

Проблема формулируется следующим образом: создать вдоль траектории частиц большие ускоряющие поля ($E_z \gtrsim 100 \text{ кв/см}$) при больших замедлениях фазовой скорости волны ($n = c / v_\phi \sim 35 + 3$) и умеренной диссипации ВЧ энергии.

Метод ускорения на обратной пространственной гармонике, в котором поток ВЧ энергии направлен *навстречу* частицам, предложенный в [3], потребовал разработки методов "синтезирования" ускоряющей структуры и расчета динамики частиц в ней [4] и экспериментальной проверки адекватности математической постановки задачи физическому процес-

су ускорения. В соответствии с расчетами [4] была изготовлена ускоряющая структура типа "двухрядной встречно-штыревой системы в прямоугольном волноводе" и проведены "холодные" и "горячие" исследования ее характеристик. При "горячих" измерениях в структуру длиной 126 см и диаметром 5,2 см, предназначенную для ускорения протонов (p_+) от 1 до 10 Мэв с током 300 ма, инжектировался электронный пучок с $W = 545$ эв (относительная скорость $\beta = 0,046$, что соответствует 1-Мэв-ной инжекции пучка p_+) и током 55 мка (эквивалентно 0,1 а p_+).

Для предотвращения потери частиц использовалось продольное магнитное поле. Пучок электронов диаметром 2 мм "прошел" систему (в отсутствие ВЧ полей) при $V = 32$ тс (соответствует 58,7 ктс для p_+). Диаметр пучка на выходе меньше 3 мм. При подаче на выходной (т. е. противоположный инжекционному) конец структуры ВЧ мощности (6,5 вт, $f = 1,82$ Гц) энергия частиц увеличилась в десять раз (до 5,5 кэв, что соответствует $W_{p_+} = 10$ Мэв). Измерение энергии электронов проводилось методом запирающего потенциала, подаваемого на изолированное и установленное перед токоприемником кольцо. На рисунке приведены теоретический (1) и экспериментальный (2) энергетические спектры ускоренных на обратной волне частиц.



Теоретический (1) и экспериментальный (2) энергетические спектры частиц, ускоренных на обратной пространственной гармонике бегущего электромагнитного поля

Тем самым экспериментально доказана работоспособность и перспективность метода ускорения тяжелых заряженных частиц на обратной пространственной гармонике бегущего электромагнитного поля.

Институт химической кинетики
и горения
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
18 июля 1975 г.

Литература

- [1] Н.П.Селиванов, Я.Б.Файнберг. Теория и расчет линейных ускорителей, М., 1962.
 - [2] G.W.Wheeler, S.Giordano. IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-12, 3, 110, 1965.
 - [3] А.С.Богомолов. ДАН СССР, 208, 6, 1328, 1973.
 - [4] Т.С.Бакиров, А.С.Богомолов, Б.П.Кутенин. ЦНИИ Электроника (депонир) №2557/74, 1974.
-