

Расчет слабotoчных пучков в ускорителях прямого действия

Р. П. ФИДЕЛЬСКАЯ

УДК 621.384.64

Рассматривается расчет формирования слабotoчных пучков в ускорителях прямого действия (УПД) с учетом конечного фазового объема и релятивистских эффектов. Найдено аналитическое решение выведенного Капчинским уравнения огибающей пучка с конечным фазовым объемом [1] для случая однородного электрического поля E . С помощью этого решения выводятся основные соотношения для расчета оптики слабotoчных УПД, справедливые как для ионных, так и для электронных (релятивистских) пучков. Получены выражения для минимального радиуса пучка $R_{\text{мин}}$ и соответствующего ему расстояния от входа в трубку $Z_{\text{мин}}$ по заданным значениям радиуса R_0 , потенциала электрического поля U_0 и угловой сходимости пучка α_0 на входе в трубку

$$R_{\text{мин}} = \frac{F_0 R_0}{\sqrt{F_0^2 + 4\eta c^2 U_0 (1 + \eta U_0) \alpha_0^2 R_0^2}}; \quad (1)$$

$$Z_{\text{мин}} = \frac{\{(1 + 2\eta U_0 + \sqrt{4\eta U_0 (1 + \eta U_0)}) \exp A - 1\}^2}{4\eta E [1 + 2\eta U_0 + \sqrt{4\eta U_0 (1 + \eta U_0)}] \exp A} \frac{U_0}{E}, \quad (2)$$

где

$$A = \frac{-4\eta c^2 E R_0^3 \alpha_0 \sqrt{\eta U_0 (1 + \eta U_0)}}{4\eta U_0 (1 + \eta U_0) c^2 R_0^2 \alpha_0^2 + F_0^2};$$

константа $\eta = \frac{e}{2m_0 c^2}$; πF_0 — площадь двумерного фазового объема пучка; c — скорость света.

Решена обратная задача — определение по заданным $R_{\text{мин}}$ и соответствующего ему U_0 параметров пучка

R и α при энергии частиц eU :

$$R^2 = R_{\text{мин}}^2 +$$

$$+ \left[\frac{F_0}{2c\eta E R_{\text{мин}}} \ln \frac{1 + 2\eta U + \sqrt{4\eta U (1 + \eta U)}}{1 + 2\eta U_0 + \sqrt{4\eta U_0 (1 + \eta U_0)}} \right]^2; \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{F_0}{2c R_{\text{мин}} \sqrt{\eta U (1 + \eta U)}} \sqrt{1 + \frac{R_{\text{мин}}^2}{R^2}}. \quad (4)$$

Найдено условие для оптимального начального угла, при котором можно сфокусировать пучок на максимальном расстоянии от входа в трубку:

$$\alpha_{\text{опт}} = \frac{F_0}{2c R_0 \sqrt{\eta U_0 (1 + \eta U_0)}}. \quad (5)$$

Проводится сравнение метода расчета оптики слабotoчных УПД с помощью уравнения огибающей с методом Элкинда, основанным на представлениях геометрической оптики [2]. В частности, показано, что размер и местоположение кроссовера потока заряженных частиц зависит от величины фазового объема пучка F_0 и совпадают со значениями соответствующих величин, вычисленных с помощью геометрической оптики лишь при $F_0 \rightarrow \infty$ (точнее, при F_0 , ограниченном произвольной параксиальной частью пучка).

(№ 464/5796. Поступила в Редакцию 3/III 1970г. Полный текст 0,45 авт. л., 1 рис., 6 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Капчинский. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях. М., Атомиздат, 1966.
2. M. E l k i n d. Rev. Scient. Instrum., 24, 129 (1953).

Уважаемые читатели!

Если Вы хотите приобрести отдельные номера журнала «Атомная энергия», извещайте нас об этом за 1,5 — 2 месяца до выхода интересующего Вас номера в свет (в сентябре заказывайте ноябрьский выпуск, в октябре — декабрьский и т. д.). Заявки шлите по адресу: Москва, Центр, ул. Кирова, 18, редакция журнала «Атомная энергия».

Редакция