СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

9 - 11129

Ю.А.Яцуненко

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЬЦА ПО СИНХРОТРОННОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

1977

9 - 11129

Ю.А.Яцуненко

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЬЦА ПО СИНХРОТРОННОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Яцуненко Ю.А. 9 - 11129

Способ определения малых размеров электронного кольца по синхротронному излучению

Описан способ определения малых размеров электронного кольца по синхротронному излучению в различные моменты времени, основанный на приближении факторизации функции распределения электронов в малом сечении кольца по осям адгезатора r и z. Рассмотрен диапазон линейности между измеренным и возможным "истинным" размерами кольца.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Yatsunenko Yu.A. 9 - 11129

Method for Determination of Small Dimensions of Electron Ring by Synchrotron Radiation

A method for determination of small dimensions of electron ring by synchrotron radiation in different moments of time is described which is based on approximation of factorization of function of distribution of electrons in a ring small cross section along adhezator axis r and z. The linearity range between the measured and possible "real" dimensions of a ring is considered.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

В процессе наладки создаваемого в ОНМУ ускорителя тяжелых ионов одной из важных задач является определение малых размеров электронного кольца / a_r и a_z / на последних этапах сжатия и изучение динамики их изменения во времени. Созданная в ОНМУ система измерения параметров электронного кольца по синхротронному излучению /1/ позволяет многократную регистрацию синхротронного света в течение "жизни" одного кольца. Регистрирующим элементом этой системы является однокоординатный детектор - набор датчиков интенсивности синхротронного света, выстроенных в "линейку". В каждый момент измерений этой линейной регистрируется узкая полоска света /относительно всего светового потока с малого сечения кольца/, ширина линейки $h = 0{,}2$ *мм* - меньше ожидаемых размеров кольца / a_r , $a_z \sim 3 \div 4$ *мм*/. Причем соответствующая принятому свету полоска электронов может находиться на неизвестном расстоянии от центра кольца. Если линейка расположена параллельно оси z камеры адгезатора, то кольцо "наплывает" на линейку в процессе сжатия, если же она расположена по оси r камеры, то нет дополнительной информации о том, регистрируется ли центральная полоска электронов, по которой можно судить о a_r -размере кольца по оси r. Кроме того, при неизвестном виде функции плотности распределения электронов в кольце $F(z, r, t)$ и возможном изменении параметров этой функции во времени, задача об определении размеров кольца в нескольких моментах времени с помощью однокоординатного детектора представляется крайне сложной.

Однако, если предположить, что функция $F(z, r, t)$ факторизуется по переменным z и r:

$$F(z,r,t)=A(t)P_1(z,t)\cdot P_2(r,t), \qquad /1/$$

где $P_1(z,t)$ и $P_2(r,t)$ - плотности распределения электронов по осям z и r /параметры функций могут меняться во времени/ и $A(t)$ - нормировочный множитель /может меняться во времени из-за возможного изменения числа электронов в процессе сжатия/, то задача определения "истинных" /центральных/ размеров кольца имеет простой путь решения. Определим "истинный" размер следующим образом:

$$a_z^2(t)=\frac{\int F(z,r,t)(z-\bar{z})^2\,dz}{\int F(z,r,t)\,dz}\bigg|_{r=\bar{r}}=\frac{\int P_1(z,t)(z-\bar{z})^2\,dz}{\int P_1(z,t)\,dz} \qquad /2/$$

/аналогично $a_r(t)$ /.

Если линейка расположена по оси z камеры адгезатора, то в момент измерения t_i на ней регистрируется распределенная по z функция:

$$Q(z,t_i)=A(t_i)P_1(z,t_i)P_2(r_i,t_i)h, \qquad /3/$$

второй момент от функции $Q(z,t_i)$

$$s^2(t_i)=\frac{\int Q(z,t_i)(z-\bar{z})^2\,dz}{\int Q(z,t_i)\,dz}=\frac{\int P_1(z,t_i)(z-\bar{z})^2\,dz}{\int P_1(z,t_i)\,dz} \qquad /4/$$

совпадает с "истинным" размером- $a_z(t_i)$(2), который имело кольцо в данный момент времени t_i. В *таблице* приведена измеренная в 16 моментах времени информация с линейки, расположенной по оси z. В колонке "T" указано относительное время измерения, в колонке "F" - максимум функции $Q(z,t_i)$ и в колонке "S" - вычисленный размер кольца по /4/ - в пределах точности измерения /половина цены деления линейки О,5 1,2 *мм* = = О,6 *мм*/, размер S остается постоянным и не зависит

Таблица

Зависимость размера s от времени T в процессе "наплывания" электронного кольца на линейку датчиков синхротронного света, расположенную параллельно оси z камеры адгезатора

T	s	F
1380	0,0	17
1420	2,3	49
1460	2,4	87
1500	1,9	100
1540	1,8	84
1580	1,8	51
1620	1,8	20
1660	1,9	19
1700	1,9	17
1740	0,0	15
1780	1,8	17
1820	1,9	18
1860	1,8	25
1900	1,9	42
1940	1,9	65
1980	2,0	82

от значения "F", которое характеризует реальное расстояние между измеряемой полоской и центром кольца /в данном случае кольцо наплывает на линейку при сжатии, а затем начинает "разжиматься" на спадающем магнитном поле/. При измерениях по r предположение /1/ снимает необходимость точной установки линейки по оси кольца /или необходимому большому статистическому набору измерений/.

Диапазон линейности между s и $a(r,z)$ определяется ценой деления линейки /1,2 *мм*/ и количеством делений /к настоящему времени использовалось 8 групп по 3 датчика в каждой/. При малых a линейность начинается с $a > 1{,}2$ *мм*. При больших a зависимость между s и a можно оценить следующим образом: в определении a

/см. формулу /2// интегрирование производится по "реальной" области ($\{R\}$). Запишем /2/ в виде:

$$a^2 \int_R P(x)dx = \int_R P(x)(x-\bar{x})^2 dx \ , \quad x = r,z, \qquad /5/$$

при вычислении s /см. формулу /4// интегрирование производится по длине линейки $\{L\}$:

$$s^2 \int_L P(x)dx = \int_L P(x)(x-\bar{x})^2 dx. \qquad /6/$$

Линейность между s и a будет нарушаться, когда $\{R\}>\{L\}$; "вкладывая" /6/ в /5/, получим иллюстративную зависимость:

$$s^2 = a^2 + (a^2 - b^2) \int_{R-L} P(x)dx / \int_L P(x)dx, \qquad /7/$$

где b^2 - "дисперсия" несовпадающей области $\{R-L\}$. Для реальных распределений, например, гауссовских, $b^2 > a^2$, и дополнительное слагаемое в /7/ становится отрицательным, так что $s^2 < a^2$, и функция $s = f(a)$ приобретает "загиб", пределом которого является половинный размер линейки. Погрешность всей измерительной системы не может быть меньше 10% /1/, соответствующий предел возможных значений малых размеров равен ~ 4,2 *мм*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалова Т.В. и др. ОИЯИ, 9-11095, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 декабря 1977 года.