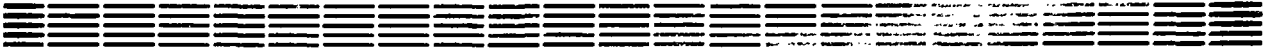


Препринт ФФИ-1253(39)-90

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



Р. А. МЕЛІКՅԱՆ

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВЫВЕДЕННОГО ИЗ
ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

ЦНИИатоминформ
ЕРЕВАН-1990

Նախնախոյ ԵՅԻ-1253(39)-90

Բ.Ա.ՄԵԼԻՔՅԱՆ

Ցիկլիկ ԱՐԱԳԱՑՈՒՑՁԻՑ ԴՈՒՐՍ ԲԵՐՎԱԾ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՑԻՆ
ՓՆՋԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՉԵՎՈՓՈԽՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Քննարկվում են ցիկլիկ արագացուցչից դուրս բերված էլեկտրոնային
վնջի ընդլայնական բեռնացումը՝ երկայնականի ձևափոխելու հնարավոր
տարբերակներ: Տույց է տրված, որ բեռնացման աստիճանի նվազումը և
վնջի այլ պարամետրերի աղավաղումը՝ բեռնացման ձևափոխման ընթացքում
էական չեն, և դրանք կարելի է անտեսել:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1990



Препринт ЕФИ-1253(39)-90

УДК 621.3.036.615

Р.А.МЕЛИКЯН

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВЫВЕДЕННОГО ИЗ
ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Рассматриваются возможные варианты преобразования поперечной поляризации выведенного из циклического ускорителя электронного пучка в продольную. Показано, что при этом уменьшение степени поляризации и искажение других параметров пучка в процессе преобразования поляризации пучка несущественны и ими можно пренебречь.

Ереванский физический институт

Ереван 1990

R.A. MELIKIAN

ON TRANSFORMATION OF POLARIZATION OF ELECTRON BEAMS
EXTRACTED FROM CYCLIC ACCELERATOR

There are considered possible versions of transformation of the transverse polarization into a longitudinal one of electron beams extracted from a cyclic accelerator. It is shown that in the case considered the decrease in the degree of polarization and distortions of other parameters of the beam are not essential in the process of transformation of the beam polarization, so they may be neglected.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1990

Как известно, при ускорении поляризованных электронов в циклическом ускорителе до энергии гигаэлектронвольт и выше для сохранения начальной поляризации пучка целесообразно ускорять поперечно поляризованные электроны, несмотря на возникающие в процессе ускорения деполаризующие резонансы [1-4]. Для проведения экспериментов с продольно поляризованными электронами возникает необходимость преобразования поперечной поляризации выведенного пучка в продольную. Ниже приводятся возможные варианты такого преобразования.

I. Рассмотрим преобразование вектора поляризации электронов с помощью поперечного магнитного поля ($\vec{V} \perp \vec{H}$, рис. I). Дело в том, что при движении электрона в поперечном магнитном поле угол φ между вектором поляризации $\vec{\xi}$ и скоростью \vec{V} частицы меняется по формуле [5]:

$$\varphi = \theta \chi G, \quad (I)$$

где θ - угол поворота электрона в магнитном поле \vec{H} , χ - лоренц фактор, $G = \frac{g-2}{2}$, g - гиромагнитный коэффициент электрона. Определив θ из соотношения $\theta = \frac{e}{R}$, $R = \frac{c}{\omega_H}$, $\omega_H = \frac{eH}{mc\chi}$, из (I) получим

$$\varphi = \frac{\ell}{c} \omega_H \cdot \gamma G = \ell H \cdot \frac{eG}{mc^2} . \quad (2)$$

Из (2) видно, что угол поворота φ определяется произведением ℓH и не зависит от энергии электрона. Если $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ($\ell H = 23,1$ КГс·м), то для заданного ℓ разброс $\Delta\varphi$ по углу φ будет определяться разбросом ΔH магнитного поля:

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\Delta H}{H} .$$

Например, при характерном значении $\frac{\Delta H}{H} = 10^{-2}$ получим $\Delta\varphi \approx 0,016$, т.е. влияние разброса ΔH магнитного поля на изменение степени поляризации пучка при повороте ξ на $\varphi = \frac{\pi}{2}$ незначительно и им можно пренебречь.

Разброс $\Delta\theta$ по углу θ в зависимости от $\frac{\Delta H}{H}$ и $\frac{\Delta\gamma}{\gamma}$ определим из соотношения

$$\theta = \frac{\ell eH}{mc^2 \gamma} .$$

При $\varphi = \frac{\pi}{2}$ получим

$$\Delta\theta = \frac{\ell eH}{mc^2 \gamma} \left(\frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta\gamma}{\gamma} \right) = \frac{\pi}{2G\gamma} \left(\frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta\gamma}{\gamma} \right) ; \quad (3)$$

Например, при $G\gamma = 10$ (т.е. при энергии электрона $E = 4,4$ ГэВ), $\frac{\Delta H}{H} = 10^{-2}$, $\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = 10^{-2}$ получим $\Delta\theta = \pi 10^{-3}$. То есть влияние разбросов ΔH и $\Delta\gamma$ на $\Delta\theta$ мало и им можно пренебречь.

Оценим влияние синхротронного излучения электрона на угол θ . На длине магнитного участка ℓ потери энергии ΔE электрона определим по формуле [6]:

$$\Delta E = \frac{2}{3} \frac{e^4 H^2}{m^2 c^4} \cdot \gamma^2 \varrho. \quad (4)$$

При $\gamma = 10^4$, $\varrho H = 23,1 \text{ кГсм}$, $H = 10 \text{ кГс}$ из (4) получим $\Delta E \approx 50 \text{ Ев}$. Поэтому влияние синхротронного излучения на угол θ (или на $\Delta\theta$) ничтожно мало (это видно из (3)) и им можно пренебречь.

Простые оценки показывают также, что разброс по энергиям (следовательно, и по радиусам орбит) электронов из-за флюктуационного характера синхротронного излучения пренебрежимо мал. Действительно, средняя квадратичная флюктуация радиуса на длине ϱ оценивается величиной [7]

$$\overline{\Delta r^2} = \frac{55}{48\sqrt{3}} \cdot \frac{e^2}{m c^2} \cdot \left(\frac{\hbar}{m c}\right)^4 \frac{e H}{m c} \cdot \frac{\varrho}{c}. \quad (5)$$

При $\gamma = 10^4$, $H\varrho = 23,1 \text{ кГсм}$ из (5) следует, что $\overline{\Delta r^2} = 10^{-4} \text{ см}^2$.

Таким образом, введение поперечного магнитного поля позволяет преобразовать поперечную поляризацию выведенного электронного пучка в продольную без существенного уменьшения степени поляризации и искажения других параметров пучка. Важной особенностью такого способа преобразования поляризации электронов является независимость угла поворота вектора поляризации пучка от энергии электронов.

2. Как видно из рис. I, при преобразовании поляризации пучка с помощью поперечного магнитного поля направление распространения преобразованного пучка составляет угол θ с плоскостью циклического ускорителя, что может привести к дополнительным затру-

днениям при реализации эксперимента с поляризованным пучком. На рис. 2 схематически показано преобразование поляризации электронов из поперечной в продольную с помощью последовательно действующих на пучок продольного и поперечного магнитных полей. В этом случае продольно поляризованный пучок распространяется в плоскости циклического ускорителя. В продольном магнитном поле ($\vec{H} \parallel \vec{V}$) вектор поляризации пучка $\vec{\xi}$ поворачивается на угол $\Psi = \frac{\pi}{2}$ вокруг общего направления \vec{V} и \vec{H} с угловой скоростью $\omega_H = eH/mc\gamma$ [5]. Необходимая для этого длина (l) участка продольного магнитного поля H определяется из соотношения

$$l = c \cdot \frac{T}{4} = \frac{c}{4} \cdot \frac{2\pi mc\gamma}{eH} \quad (6)$$

Например, при $\gamma = 10^4$, $H = 60 \text{ кГэ}$ из (6) получаем $l \approx 5 \text{ м}$.

Если H , l , γ выбраны так, что угол поворота

$$\Psi = \omega_H \cdot \frac{T}{4} = \frac{eH}{mc\gamma} \cdot \frac{l}{c} = \frac{\pi}{2},$$

разброс $\Delta\Psi$ в зависимости от $\frac{\Delta H}{H}$ и $\frac{\Delta\gamma}{\gamma}$ определяется соотношением

$$\Delta\Psi = \frac{\pi}{2} \left(\frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta\gamma}{\gamma} \right). \quad (7)$$

При характерных значениях $\frac{\Delta H}{H} = 10^{-2}$, $\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = 10^{-2}$ из (7) получаем $\Delta\Psi = \pi \cdot 10^{-2}$. Поэтому деполяризацией пучка из-за наличия разбросов ΔH , $\Delta\gamma$ можно пренебречь ввиду ее малости.

Далее с помощью поперечного магнитного поля ($\vec{H}_\perp \perp \vec{V}$) поляризация пучка преобразуется в продольную аналогично изложенному выше первому способу.

Таким образом, рассматриваемые схемы позволяют преобразовать поперечную поляризацию выведенного пучка электронов в продольную без существенного уменьшения степени поляризации и искажения других параметров пучка.

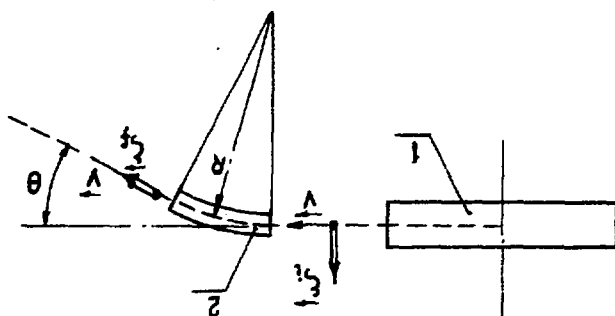


Рис.1 Схематическое изображение преобразования поляризации выведенного пучка электронов поперечным магнитным полем.
1 - циклический ускоритель, 2 - поперечный магнит.

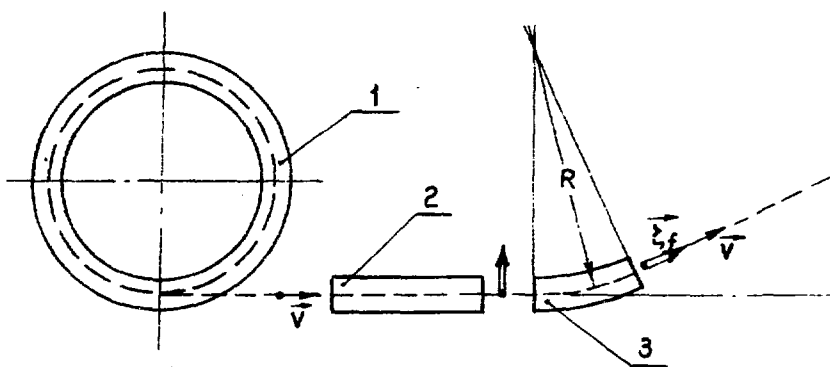


Рис.2 Схематическое изображение преобразования поляризации выведенного пучка с помощью последовательного действия продольного и поперечного магнитных полей.
1 - циклический ускоритель, 2 - продольный магнит,
3 - поперечный магнит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симонян Х.А. Ускорение поляризованных частиц в циклических ускорителях. Труды IV Международной конференции по ускорителям. М.: Атомиздат, 1964, с.915-918.
2. Дербенев Я.С., Кондратенко А.М. Ускорение поляризованных частиц. ДАН СССР, 1975, т.223, с.830-833.
3. Дербенев Я.С., Кондратенко А.М. О возможностях получения поляризованных частиц высоких энергий в ускорителях и накопителях. Труды шестого всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1979, т.2, с.239-246.
4. Дербенев Я.С., Кондратенко А.М. Подавление деполяризации электронов и позитронов высоких энергий в накопителях. ДАН СССР, 1979, т.246, № 2, с.301-304.
5. Берестецкий В.Б., Лившиц Е.М., Питаевский Л.П. Релятивистская квантовая теория, часть I. М.: Наука, 1968.
6. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1973.
7. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Рукопись поступила 25 апреля 1990 г.

Р.А.МЕЛИКЯН

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВЫВЕДЕННОГО ИЗ ЦИКЛИЧЕСКОГО
УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Редактор Л.П.Мукаян

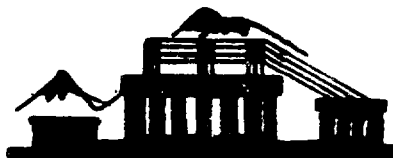
Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 29/УШ-90г. ВФ-03565 Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,5 Тираж 299 экз. Ц. 7 к.
Зак. тип. № 228 Индекс 3649

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, ул. Братьев Алиханян, 2

The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Alikhanian Brothers 2,
Yerevan, 375036
Armenia, USSR

ИНДЕКС 3649



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ