

Эксперименты по многократному повороту электронных пучков в полем круглом кольце

Experiments of multipleturn of electron beams in the hollow round ring

Кумахов М.А., Тегаев Р.И.

Институт рентгеновской оптики, Москва, Россия (E-mail: iroptic@list.ru)

Электрондарды дөңгелек шыны тороидта көп рет бұрудың мүмкіндіктері алғаш эксперимент жүзінде көрсетілді. Электрондардың энергиясы бірнеше кэВ-тан бірнеше ондаған кэВ-қа дейін өзгерген. Вакуум деңгейі 10^{-11} мм сн. бағ. Эксперимент барысында бөлшектер бірнеше жүз миллион айналым жасады. Тороидтағы ток бірнеше килоамперге жетті. Алынған нәтижелер техникада, өндірісте, ғылымда жаңа мүмкіндіктерге жол ашады.

The basic specificities of multiple turn of charged particles in the closed hollow electrified systems type of a round ring (toroid) are considered. For a current injection from an external source 1 mA in the ring managed to obtain a current of 1.5 kA. The main features of the motion of particles in the ring are discussed. Some applications of this effect are considered.

Введение

Возможность многократного поворота заряженных частиц в диэлектрических каналах впервые была предложена в [1]. Этот эффект открывает крайне важные применения в ряде областей техники, включая физику коллайдеров, ускорителей, энергетику и т.д. В данном сообщении рассмотрены первые эксперименты, в которых реализован эффект многократного поворота.

Эксперименты по однократному повороту частиц. Первые эксперименты были проведены в конце мая — начале июня 2010 г. При этом использовались стеклянные капилляры с радиусом ~ 20 мм, внутренним диаметром 6 мм и толщиной стенки ~ 1 мм. Нам удалось повернуть пучки на 360° .

Другой успешный эксперимент по бесконтактному повороту электронов был осуществлен осенью 2010 г. На рисунке 1 показана фотография спиралевидного стеклянного капилляра. Внешний диаметр капилляра составляет 140 мм, внутренний — 7 мм.

При этом с высокой точностью удалось получить 100 % трансмиссию пучка при повороте на 360° .



Рис. 1. На этом капилляре был осуществлен поворот на 360° градусов. В дальнейшем он был разделен для ряда новых экспериментов

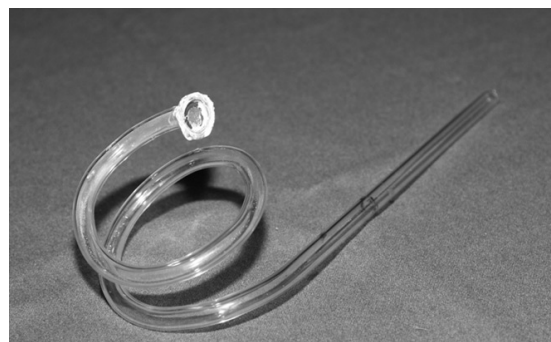


Рис. 2. Спиралевидный капилляр, на котором был осуществлен поворот на 675°

Следующий поворот пучка был на 675° . Эта поворотная система показана на рисунке 2.

Ее параметры следующие: внешний диаметр равен 70 мм, внутренний — 5 мм. При этом также удалось получить 100 % трансмиссию пучка при ее повороте на 675° .

Эксперименты по многократному повороту частиц

Указанные в предыдущем пункте эксперименты представляют собой однократное прохождение электронов по незамкнутой траектории. После этих экспериментов одним из авторов (М.А.Кумахов) был предложен принципиально новый эксперимент — эксперимент по многократному прохождению частиц по замкнутой траектории, когда частица многократно, многие десятки и сотни миллионов раз проходят по одному и тому же кругу, т.е. по замкнутой территории.

Этот гораздо более сложный эксперимент проводился на круге с радиусом $R = 140$ мм. Внутренний диаметр капилляра составлял несколько мм.

В этом эксперименте мы столкнулись с огромными экспериментальными трудностями. Они касались создания очень высокого вакуума $\sim 10^{-11}$ торр. Вторая трудность заключалась в создании метода хорошей инжекции пучка в круге. Третья трудность — метод измерения тока в круге. Все эти трудности удалось решить к осени 2011 г.

Первый удачный эксперимент был выполнен в конце апреля 2011 г. В этом эксперименте удалось получить в круге ток ~ 100 А при токе инжекции 300 $\mu\text{А}$.

В дальнейшем, в мае 2011 г., удалось получить ток около 850 А. Однако в этих экспериментах токи получались кратковременными, так как быстро нарушался вакуум. В последующем удалось получить стабильный пучок на уровне 500 А, который вращался в круге около 5 мин. Во всех этих экспериментах метод инжекции пучка был недостаточно хорошим.

Действительно, при энергии электрона ~ 20 кэВ скорость электрона составляет $\sim 8.3 \times 10^9$ см/с. Поэтому в круге радиусом ~ 140 мм такой электрон вращается с частотой 10^8 с $^{-1}$.

При токе инжекции 300 $\mu\text{А}$, если бы удалось инжектировать 100 % частиц, то в круге ток был бы равен $300 \times 10^{-6} \text{ А} \times 10^8 = 3 \times 10^4$ А, т.е. 30 килоампер.

Мы же получили только 100 ампер, т.е. в 300 раз меньше. Это означает, что в этих экспериментах только 1 микроампер тока из 300 попадает в круг. Поэтому были предприняты серьезные усилия по улучшению инжекции. Эти усилия увенчались успехом осенью 2011 г.

При токе инжекции ~ 1 миллиампер удалось получить ток в круге, равный несколько килоампер. При этом удалось добиться стабильности и повторяемости результатов.

References

1. *Kumahov M.A.* Patent claim № 2011122945 from 08.06.2011.