

## НАБЛЮДЕНИЕ КОГЕРЕНТНОГО ОНДУЛЯТОРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГИБРИДНОМ ОНДУЛЯТОРЕ

В.И. Алексеев, Е.В. Алиева, К.А. Беловинцев, Е.Г. Бессонов,  
Ю.А. Митягин, В.Н. Мурзин, А.В. Серов

*Зарегистрировано спонтанное когерентное ондуляторное излучение в миллиметровом диапазоне длин волн, испускаемое сгустками электронов с энергией 7 МэВ в гибридном ондуляторе. Экспериментально исследована зависимость интенсивности излучения от фазовой протяженности сгустков.*

В настоящее время все большее применение находят источники ондуляторного излучения (ОИ) в малоосвоенных диапазонах длин волн. Это связано с уникальными характеристиками таких источников: высокой мощностью, возможностью плавной перестройки частоты в широких пределах, большой длиной ( $\sim 100 \lambda$ ) пространственной когерентности излучения. В источниках спонтанного некогерентного ОИ фазы волн, испускаемых отдельными частицами пучка, случайны, а интенсивность излучения пропорциональна току пучка. В источниках спонтанного когерентного ОИ фазы испускаемых волн скоррелированы, а интенсивность излучения пропорциональна квадрату тока пучка и значительно превышает интенсивность источников некогерентного ОИ /1/. В работе приводятся результаты экспериментального исследования когерентного ОИ в гибридном ондуляторе в миллиметровом диапазоне длин волн.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Источником релятивистских электронов является микротрон М. Он имеет следующие параметры: энергия ускоренных электронов 7 МэВ, энергетический разброс  $\pm 0,5\%$ , длительность импульса тока 4 мкс, средний ток в импульсе 50 мА, ток в сгустке 0,5 А, радиальный эмиттанс 40 мм·мрад, вертикальный эмиттанс 6 мм·мрад, частота повторения импульсов 50 Гц. После вывода из микротрона электронный пучок проводится по тракту транспортировки, включающему квадрупольные линзы Л, поворотные магниты ПМ, корректоры положения КР, и регистрируется цилиндром Фарадея ЦФ. На прямолинейном отрезке тракта установлен гибридный ондулятор О, конструкция которого описана в работе /2/. В рассматриваемом случае период магнитного поля ондулятора составлял 168 или 126 мм. Соответственно, ондулятор имел число периодов 6 или 8 при амплитуде магнитного поля в зазоре 2600 или 1700 Э. Расстояние между полюсами магнитов 28 мм. В зазоре ондулятора расположен цилиндрический волновод из нержавеющей стали диаметром 26 мм и длиной 1000 мм. Для регистрации излучения использовался приемник Д, в качестве которого применялись кремниевый точечный диод или фотоприемник InSb, который находился на хладопроводе гелиевого криостата и был закрыт от фонового теплового излучения набором холодных фильтров. Для снижения действия проникающей радиации криостат с фотоприемником был вынесен из плоскости орбиты микротрона и помещен в бункер из свинца. Излучение направлялось на приемник отклоняющим зеркалом или волноводом.

На рис. 2 представлена последовательность осциллограмм интенсивности сигнала, регистрируемого фотоприемником, в зависимости от тока, проходящего через ондулятор. Ток, выведенный из микротрона, изменялся путем перемещения диафрагмы поперек пучка электронов, последовательно перекрывающей его сечение. Видно, что интенсивность излучения не пропорциональна величине тока. Это позволяет сделать вывод о том, что на интенсивность излучения большое влияние оказывают геометрические размеры сгустков. На рис. 3 представлена полученная экспериментально зависимость ускоренного тока, прошедшего через ондулятор, и интенсивности ОИ, регистрируемого кремниевым точечным диодом, от изменения тока эмиссии микротрона. Видно, что при несущественном изменении тока, прошедшего через ондулятор ( $\sim 3\%$ ), интенсивность ОИ при изменении тока эмиссии изменяется на порядок. Известно, что фактор когерентности сгустка, определяемый пространственным распределением частиц, сильно зависит от эффективной длины сгустков пучка, а последняя от режима работы микротрона и, в частности, от тока эмиссии с катода /3/. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что регистрируемое в данном случае спонтанное ондуляторное излучение является когерентным.

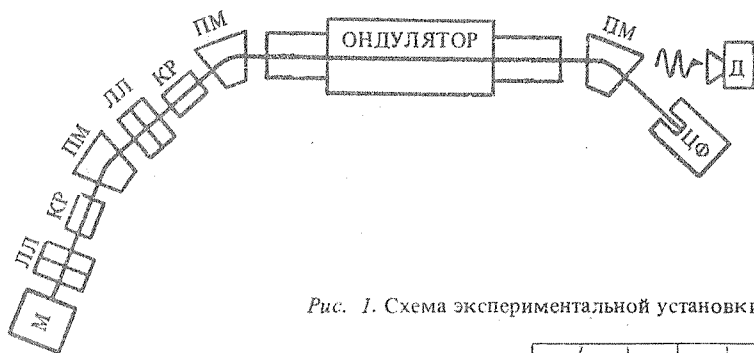


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Рис. 2. Осциллограммы тока пучка  $I$ , проходящего через ондулятор, и соответствующие интенсивности сигнала с приемника  $J$ .

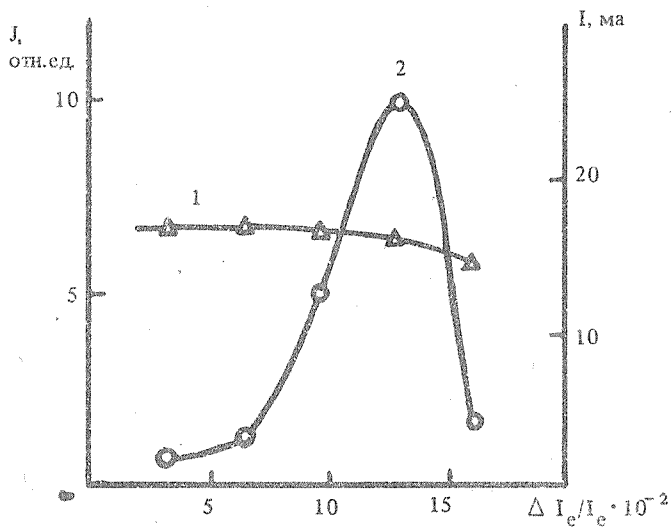
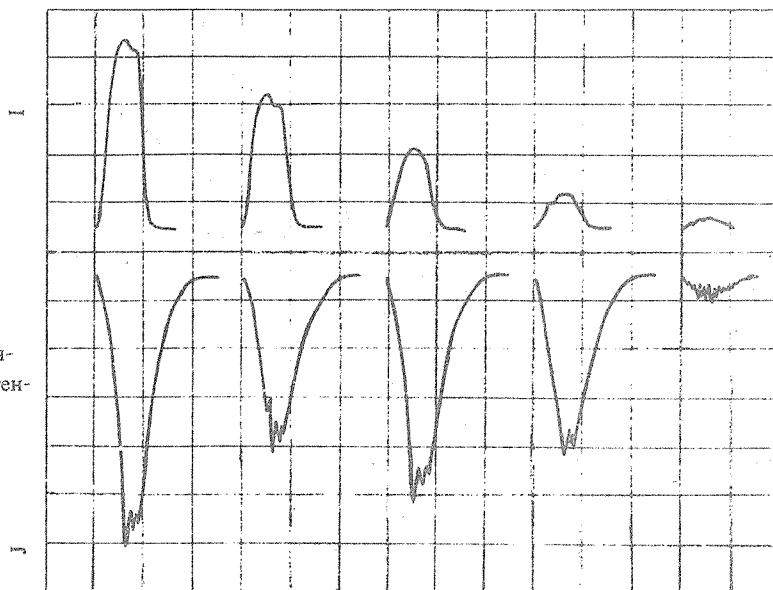


Рис. 3. Зависимость ускоренного тока  $I$ , прошедшего через ондулятор (1), и интенсивности ОИ  $J$  (2) от изменения тока эмиссии микротрона  $J_e$ .

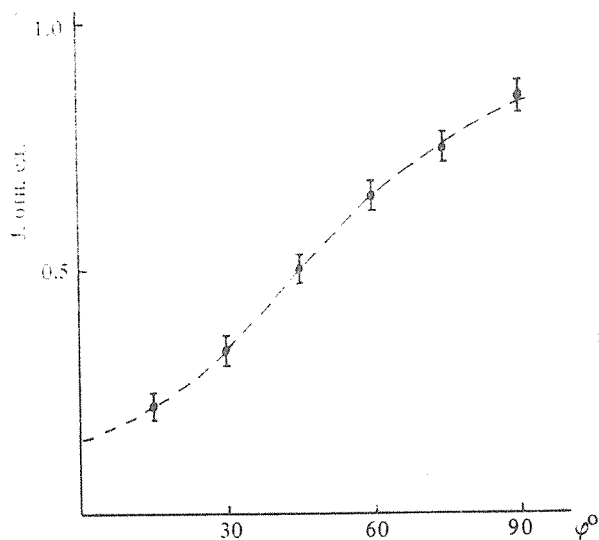


Рис. 4. Зависимость интенсивности регистрируемого сигнала  $J$  от угла поворота  $\varphi$  поляризатора.

Оценка длины волны излучения проводилась при помощи металлических сетчатых фильтров с разным периодом, которые устанавливались на выходной патрубке поворотного магнита. Интенсивность излучения измерялась фотоприемником InSb. Максимальная величина пропускания металлической сетки составляла 80% при периоде сетки 1 мм. Это позволяет сделать вывод о том, что длина волны излучения составляет  $\sim 1$  мм. Для определения уровня фонового излучения от поворотных магнитов, расположенных на входе и на выходе из ондулятора, проведены измерения интенсивности сигнала в отсутствие ондулятора. Измеренный фон составил величину  $\sim 200$  мВ, величина сигнала ОИ  $\sim 1$  В.

Для оценки величины радиационного фона на выходном патрубке была установлена дистанционно управляемая диафрагма, позволяющая перекрывать выходное окно при каждом измерении. Величина сигнала от радиационного фона для фотоприемника InSb составляла  $\sim 100$  мВ, а для кремниевого диода  $\sim 5$  мВ.

Для изучения поляризации ОИ после выходного патрубка устанавливался поляризатор, в качестве которого была использована одномерная металлическая сетка с периодом 50 мкм. На рис. 4 показана полученная экспериментально зависимость интенсивности регистрируемого сигнала (в относительных единицах) от угла поворота поляризатора. Излучение поляризовано в плоскости орбиты со степенью поляризации 80%. Отклонение от 100%-ной степени поляризации, которая следует из теории ондуляторов, объясняется наличием синхротронного излучения от поворотных магнитов, которое поляризовано как в плоскости орбиты, так и в перпендикулярной ей плоскости.

Оценка мощности сигнала по результатам экспериментов показала, что мощность излучения составляет сотни милливатт в импульсе, тогда как в случае спонтанного некогерентного ОИ она должна была составить единицы микроватт. Этот факт также подтверждает когерентность регистрируемого спонтанного ОИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов Д.Ф., Башмаков Ю.А., Бессонов Е.Г. ЖТФ, 48(8), 1592 (1978).
2. Алексеев В.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 4, 30 (1984).
3. Левонян С.В., Серов А.В. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 43 (1987).

Поступила в редакцию 4 марта 1988 г.