

НАБЛЮДЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛАЗЕРЕ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОТРОНА

В.И. Алексеев, Е.В. Алиева, К.А. Беловинцев, Е.Г. Бессонов,
А.В. Серов, П.А. Черенков

Создан и запущен лазер на свободных электронах, использующий когерентное ондуляторное излучение электронных сгустков. Экспериментально зарегистрировано индуцированное ондуляторное излучение в миллиметровом диапазоне длин волн.

На основе экспериментальной установки /1/ создан и запущен лазер на свободных электронах (ЛСЭ). Блок-схема ЛСЭ приведена на рис. 1. Источником релятивистских электронов является микротрон-инжектор М синхротрона "Пахра", имеющий следующие параметры: энергия ускоренных электронов 7 МэВ, энергетический разброс 1%, длительность импульса тока 4 мкс, средний ток в импульсе 50 мА, ток в банке 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 после прохождения через систему магнитный ондулятор — волноводный резонатор регистрируется цилиндром Фарадея ЦФ.

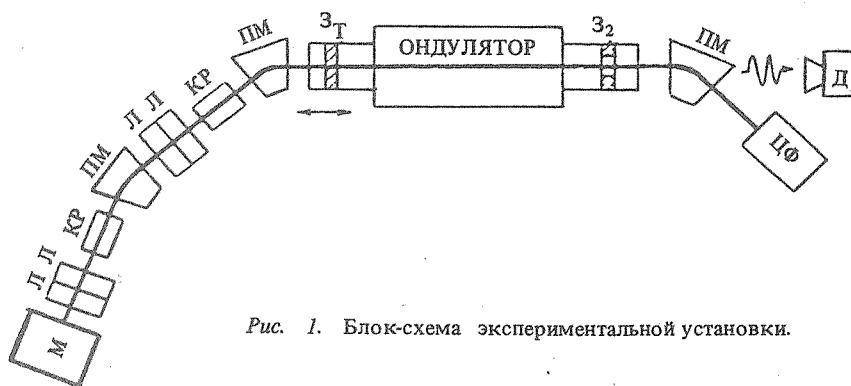


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки.

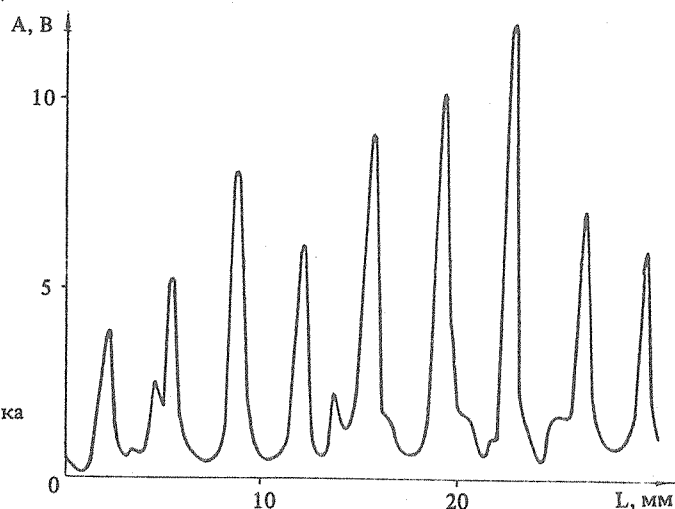


Рис. 2. Зависимость интенсивности сигнала приемника от положения подвижного зеркала резонатора.

Конструкция плоского гибридного магнитного ондулятора подобна описанной в работе /2/. Период магнитного поля в данном варианте ондулятора составляет 168 мм, число периодов $K = 6$, амплитуда магнитного поля в зазоре 2600 Э при расстоянии между полюсами магнитов 28 мм. В зазоре ондулятора расположен цилиндрический волновод из нержавеющей стали диаметром 26 мм и длиной 1000 мм. Зеркала Z_1 и Z_2 выполнены из лавсана с напыленным слоем алюминия. Таким образом, волновод с зеркалами образуют закрытый цилиндрический резонатор. Электронный пучок вводится и выводится из резонатора через лавсановые пленки-зеркала. Зеркало Z_1 имеет дистанционную регулировку положения вдоль оси резонатора с помощью микропривода. В центре зеркала Z_2 имеется отверстие диаметром 4 мм для вывода излучения. Для регистрации излучения использовался приемник Д на основе диода Шотки.

Наладка комплекса оборудования ЛСЭ производилась поэтапно. Сначала оптимизировались формирование и проводка электронного пучка по максимуму интенсивности спонтанного когерентного ондуляторного излучения. Затем производилась установка и оптическая юстировка зеркал.

Экспериментальная зависимость интенсивности регистрируемого сигнала от положения подвижного зеркала Z_1 резонатора представлена на рис. 2. Наблюдаемая картина может быть объяснена характерной особенностью данного ЛСЭ, заключающейся в том, что в нем используется сгруппированный пучок частиц в виде серии сгустков малой протяженности (порядка длины волны генерируемого излучения λ). В этом случае каждый сгусток испускает цуг электромагнитных волн протяженностью $K\lambda$ /3/. При основном резонансе цуги волн, испускаемые сгустками, следующими через интервал времени $\Delta t = 2L\beta/c$ (L — длина резонатора, β — фазовая скорость волны в волноводе, c — скорость света), накладываются друг на друга и результирующая интенсивность возрастает в $A_{\max}/A_{\min} \cong 4Q^2/\pi^2$ раз /4/, где Q — добротность резонатора. При изменении расстояния между зеркалами на $\Delta L = (\lambda_w/2)n$ (λ_w — длина волны излучения в волноводе, n — целое число) цуги волн также накладываются в фазе, но не по всей длине. Частичное перекрытие цугов приводит к уменьшению интенсивности наблюдаемого излучения. Числу $n = 0$ соответствует основной максимум, другим n — побочные максимумы. Число пиков должно быть порядка $2K$. Ширина линии на половине высоты основного максимума ($n = 0$) составляет $\sim \lambda/Q$.

Из рис. 2 следует, что в данном случае экспериментально измеренное отношение амплитуд A_{\max}/A_{\min} составляет ~ 20 , полуширина линии $\sim \lambda/7$ и, таким образом, $Q \sim 7$. Наблюдаемые дополнительные максимумы меньшей интенсивности, по-видимому, могут быть объяснены наличием других мод излучения. Зарегистрированная мощность излучения в импульсе составляет величину порядка сотен ватт.

Полученный здесь результат указывает на определенные преимущества использования в ЛСЭ электронных сгустков малой протяженности.

Авторы благодарны Б.М. Болотовскому, В.Н. Мурзину, Ю.А. Митягину за проявленный интерес к работе и полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 12, 44 (1984).
2. Алексеев В. И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 4, 30 (1984).
3. Бессонов Е. Г. Квантовая электроника, 13, 8, 1617 (1986).
4. Бессонов Е. Г. Труды Всесоюзного совещания "Генераторы и усилители на релятивистских электронных потоках". МГУ, 1987, с. 45; Препринт ФИАН № 238, М., 1984.

Поступила в редакцию 3 сентября 1987 г.