

В.Г.Куракин
Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН

АВТОГЕНРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ



Международная сессия-конференция СЯФ ОФН РАН
Протвино 5-8 ноября 2013 г.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

Эффект обратного комптоновского рассеяния заключается в отражении части потока электромагнитной волны от движущего навстречу волне заряда. Следующие соотношения имеют место:

$$\omega' \cong 4\omega\gamma^2 \qquad P \cong \frac{4}{3}\sigma_T c\gamma^2 U_{inc}$$

Здесь U_{inc} - плотность энергии налетающей на заряд волны, ω и ω' - частота падающей и рассеянной волны соответственно, P - мощность отраженной волны, рассчитанной на один заряд, c и γ - соответственно скорость света и релятивистский фактор заряда, σ_T - Томсоновское сечение рассеяния:

$$\sigma_T = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{m_e c^2} \right)^2 \approx 6,65 \times 10^{-25} \text{ см}^2$$

где e и m_e - заряд и масса электрона.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

Верхний предел для числа рассеянных фотонов можно оценить как

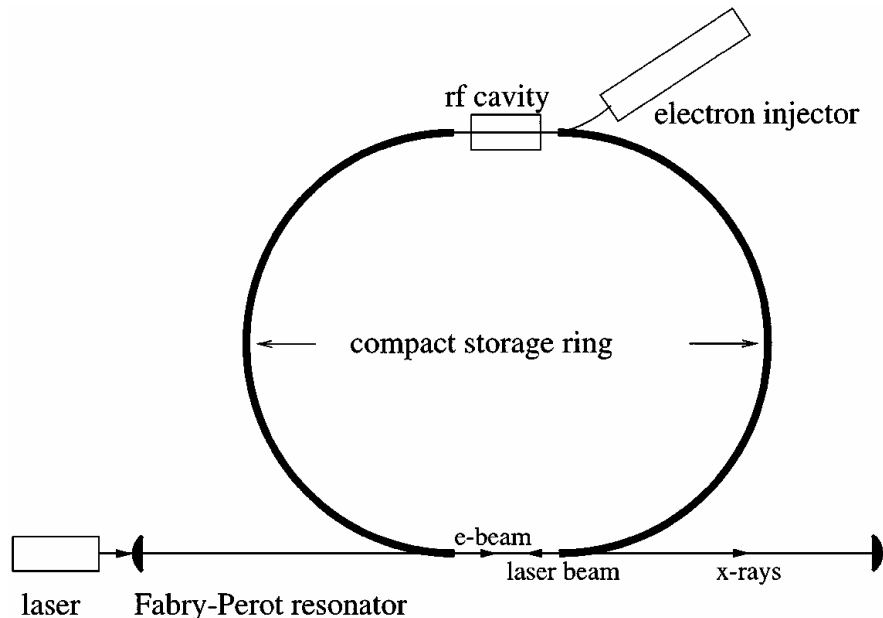
$$N \cong \frac{\sigma_T}{3\sigma_{ph}} N_{ph} N_e$$

Здесь N , N_{ph} и N_e - число рассеянных и налетающих фотонов, а также число электронов в рассеивающем электронном сгустке.

Предполагается также, что фотонный и электронный пучки полностью совпадают по сечению σ в области рассеяния.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

VOLUME 80, NUMBER 5 PHYSICAL REVIEW LETTERS 2 FEBRUARY 1998



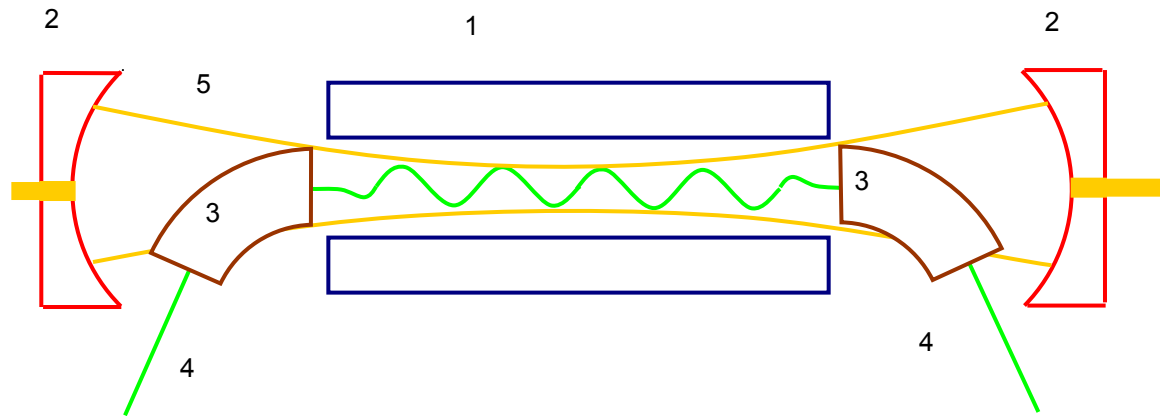
Zhirong Huang and Ronald D. Ruth

Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, California 94309

(Received 30 September 1997; revised manuscript received 9 December 1997)

A compact laser-electron storage ring (LESR) is proposed for electron beam cooling or x-ray generation. The LESR uses an intense laser pulse stored in a high-finesse resonator to interact repetitively with a circulating electron beam in the energy range from a few MeV to a few hundred MeV....

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

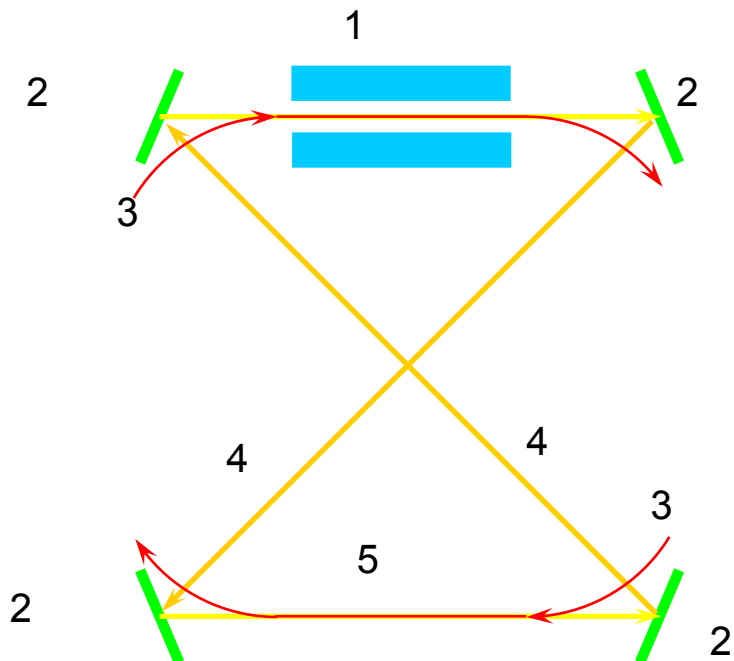


Классическая схема ЛСЭ. 1 – ондулятор, 2 – зеркала, 3 – вводной и выводной магниты, 4 – электронный пучок, 5 – огибающая лазерной моды.

Электронный пучок инжектируется на ось ондулятора, который обеспечивает взаимодействие электронов с оптической модой резонатора, образованной зеркалами 2. При выполнении определенных условий возникает режим генерации.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

Схема ЛСЭ может быть модифицирована таким образом, чтобы обеспечить дополнительную область взаимодействия электронного пучка со встречным потоком лазерного излучения. Открытый резонатор заменяется на резонатор бегущей волны, что обеспечивает усиление лазерной моды в плече резонатора, расположенного в области ондулятора и комптоновское рассеяние генерируемой моды в противоположном плече резонатора



Возможная конфигурация световой и электронной оптики для реализации режима автогенератора обратных комптоновских фотонов в ЛСЭ. 1 – ондулятор, 2 – зеркала резонатора бегущей волны, 3 – траектории электронных сгустков, 4 – траектории световых лучей, 5 – область обратного комптоновского рассеяния.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

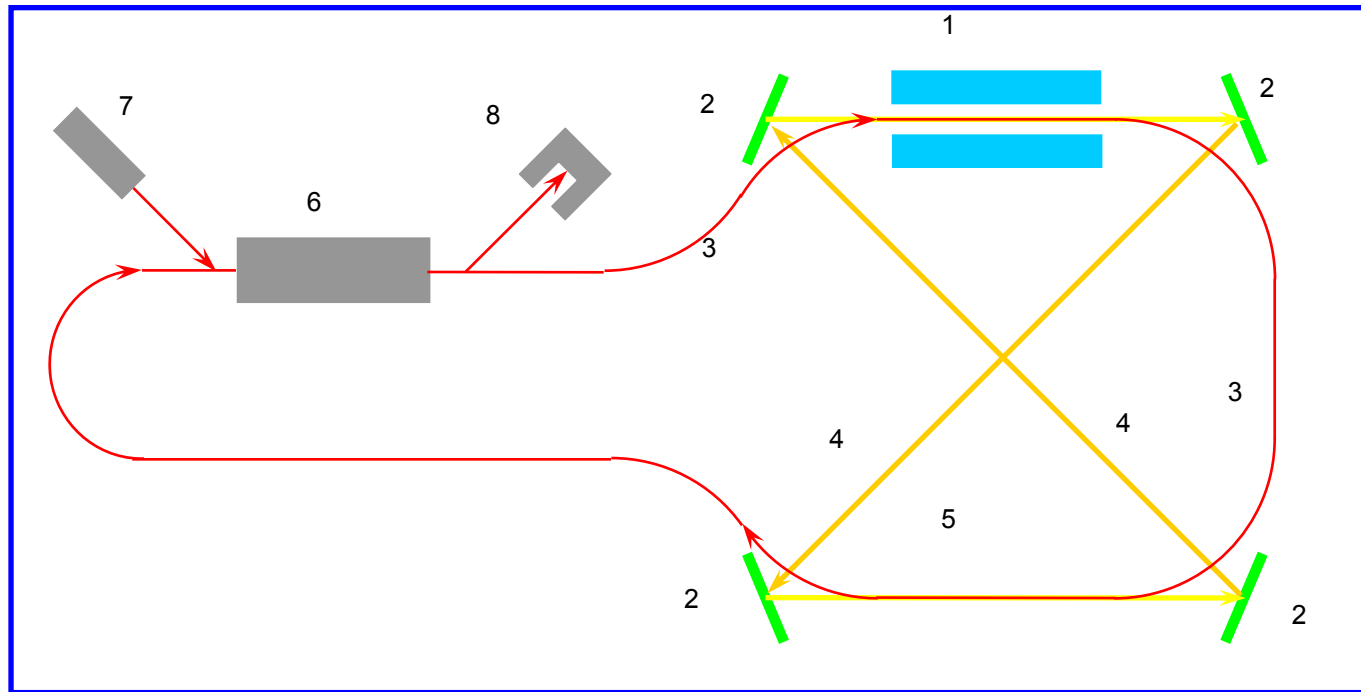
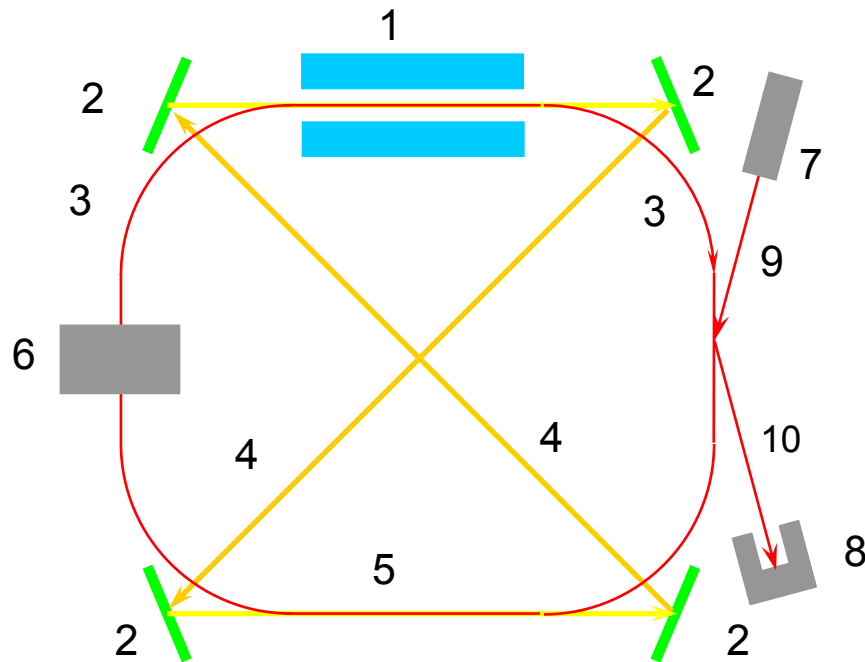


Схема автогенератора обратных комптоновских фотонов на основе сверхпроводящего линейного ускорителя с рекуперацией энергии отработанного пучка. 1 – ондулятор ЛСЭ, 2 – зеркала резонатора бегущей волны, 3 – траектории электронного пучка, 4 – траектории световых лучей, 5 – область электрон-фотонных соударений, 6 – сверхпроводящий линейный ускоритель, 7 – инжектор, 8 – поглотитель низкоэнергетического электронного пучка.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ



Источник обратных комптоновских фотонов на основе синхротрона. 1 – ондулятор ЛСЭ, зеркала резонатора бегущей волны, 3 – траектории электронов, 4 – траектории световых лучей, 5 – область комптоновского рассеяния, 6 – ускоряющий резонатор синхротрона, 7 – инжектор электронов, 8 – поглотитель замедленного в синхротроне пучка, 9 – инжектируемый пучок, 10 – выведенный пучок.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

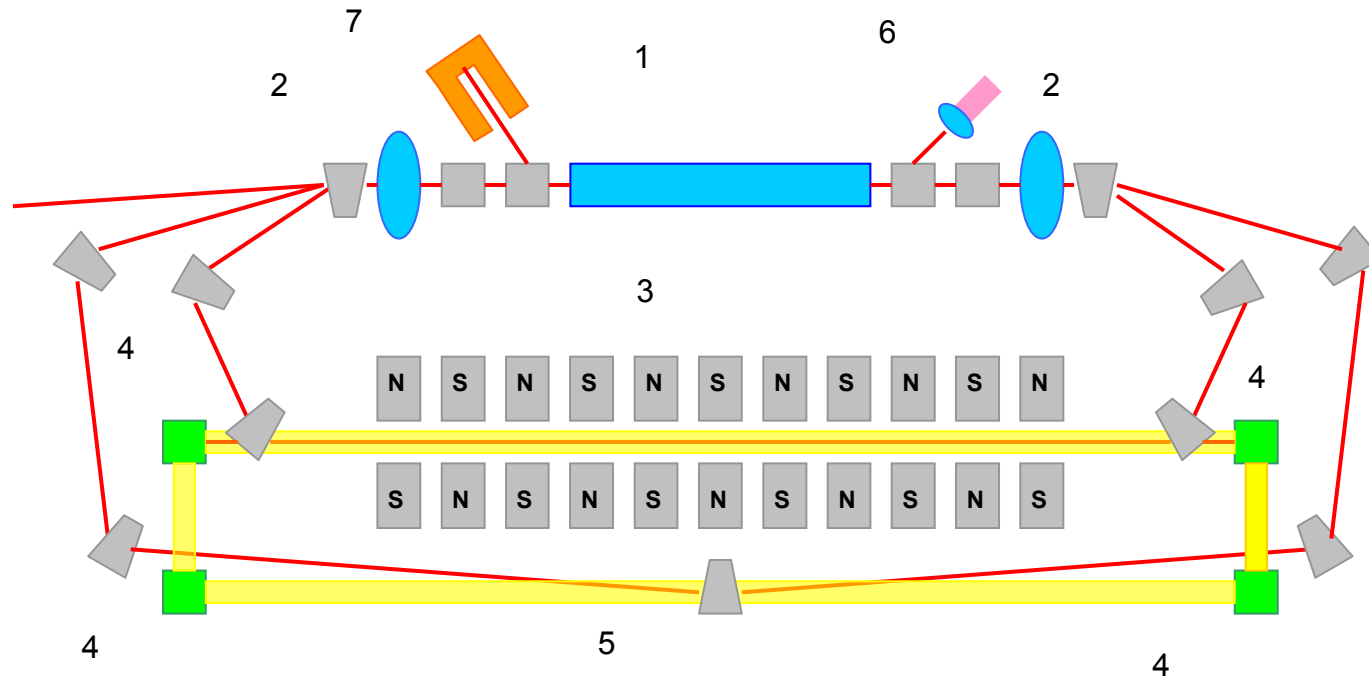


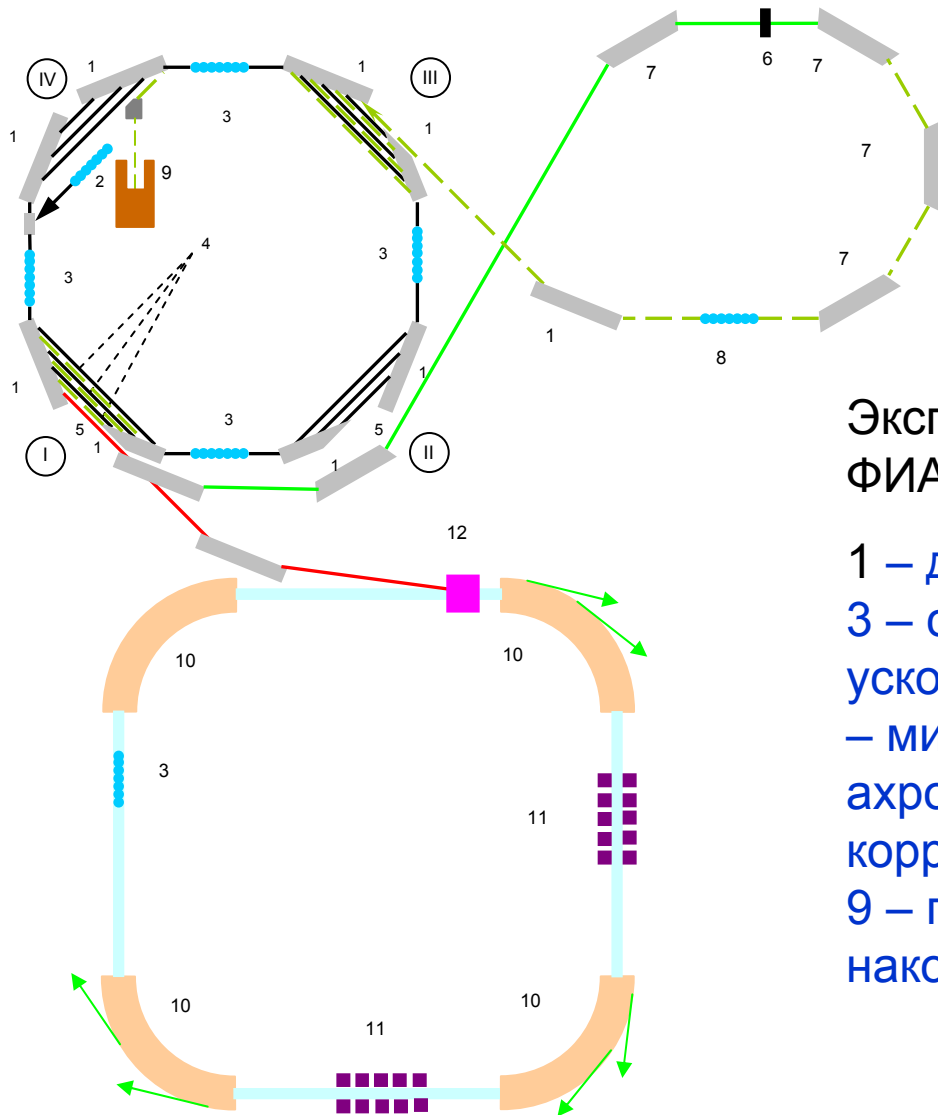
Рис.5. Источник обратных комптоновских фотонов на основе сверхпроводящего линейного ускорителя с рекуперацией энергии и техники расщепления первичного пучка. 1 – сверхпроводящий линейный ускоритель, 2 – вч – резонатор, модулирующий первичный пучок по энергии, 3 – ондулятор ЛСЭ, 4 – зеркала резонатора бегущей волны, 5 – область комптоновского рассеяния, 6 – инжектор, 7 – поглотитель пучка.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

Несмотря на кажущуюся сложность, схемы автогенераторов на основе сверхпроводящих ускорителей с рекуперацией естественным образом встраиваются в комплексы на основе мощных ЛСЭ, существенно расширяя экспериментальные возможности последних.

Для оценки потока обратных комптоновских фотонов автогенератора будем считать пиковый ток сгустков равным 100 А, энергия ускорителя 100 МэВ, длительность электронного сгустка 10 пс, сечение фотонного и электронного пучков 1 мм², КПД ЛСЭ 1%. Оценки по формуле (3) дают значение 10^5 рентгеновских фотонов на один сгусток.

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ



Экспериментальный комплекс ФИАН

1 – дипольный магнит, 2 – инжектор,
3 – сверхпроводящий ЛУ, 4 – орбиты
ускорителя, 5 – магнитные линзы, 6
– мишень, 7 – магниты
ахроматической системы, 8 – секция
коррекции энергии и спектра пучка,
9 – поглотитель, 10 – квадрант
накопителя, 11 – вигглер, 12 - кикер

АВТОГЕНЕРАТОР ОБРАТНЫХ КОМПТОНОВСКИХ ФОТОНОВ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!