

ОЦЕНКА ОБЛАСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОБРАТНОМ КОМПТОНОВСКОМ РАССЕЯНИИ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ЭФФЕКТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА

М.Н. Якименко

Рассмотрено влияние фокусировки лазерного пучка на выход эффектов второго порядка. Показано, что по мере повышения плотности фотонов из-за происходящего одновременно сокращения длины области взаимодействия выход эффектов второго порядка может не возрастать.

В работе /1/ показано, что при взаимодействии лазерного пучка с пучком релятивистских электронов светимость, определяющая выход процессов первого порядка, падает при уменьшении размеров фокального пятна лазерного пучка. В данной работе обсуждается зависимость от площади поперечного сечения лазерного пучка выхода эффектов высоких порядков. Для конкретности рассмотрим процесс $e + 2\gamma \rightarrow e' + \gamma'$. Выход процесса второго порядка пропорционален квадрату плотности фотонов в области взаимодействия /2/, т.е.

$$W \sim \int_{l_r} \frac{N_e N_l^2 f dx}{c^2 T_l^2} \int_S \frac{r dr d\varphi}{8\pi^3 \sigma_l^4 \sigma_e^2} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{2r^2}{\sigma_l^2} + \frac{r^2}{\sigma_e^2} \right) \right], \quad (1)$$

где N – число частиц в пучке, индексы l и e относятся к лазерному и электронному пучкам, 2σ – средне-квадратичный поперечный размер пучка (распределение интенсивности в пучке считается гауссовым, а сечение пучков – круглым), T_l – длительность лазерного импульса, f – частота обращения электронного пучка, интегрирование проводится по всей области взаимодействия, длина которой l_r .

Интегрирование (1) по площади поперечного сечения дает

$$W = A \frac{N_e N_l^2 f}{c^2 T_l^2} \int_{l_r} \frac{dx}{S_l (2S_e + S_l)} \quad (2)$$

Очевидно, что для осуществления такого процесса надо предельно сжать лазерный пучок с тем, чтобы выполнить условие $S_e \gg S_l$. Как и в /1/, считаем, что

$$S_l = S_0 + (\pi/4) (xD/F)^2, \quad (3)$$

где F и D – фокусное расстояние и эффективная апертура линзы, сжимающей лазерный пучок; S_0 – сечение пучка в фокальной точке ($S_0 = (\pi/4) (aF)^2$, если $S_0 \gg 2\pi\lambda^2$); a – естественная расходимость пучка.

Подставив (3) в (2), получим:

$$W = A \frac{N_e N_l^2 f}{2c^2 T_l^2 S_e} \frac{l_{ef}}{S_0}, \quad (4)$$

где $l_{ef} = (\pi a F^2 / D) [1 - a F / (a^2 F^2 + 8 \sigma_e^2)^{1/2}]$. С учетом условия $a F < 2 \sigma_e$ эти выражения можно упростить, не внося большой ошибки

$$W = B l_{ef} / S_e S_0,$$

где $l_{ef} = \pi a F^2 / D$.

Таким образом, если выполнено условие $S_1 < S_e$, то выход эффектов второго порядка не увеличивается при сжатии лазерного пучка за счет уменьшения фокусного расстояния линзы, так как одновременно с возрастанием плотности фотонов в центре лазерной мишени сокращается эффективная длина области взаимодействия пучков. При таком сжатии увеличивается лишь относительный вклад эффектов второго и более высоких порядков в суммарный выход процесса за счет падения вклада основного эффекта первого порядка. Например, при уменьшении на установке РОКК-1 /1/ фокусного расстояния с 20 м до 20 см плотность фотонов в лазерной мишени возрастет в 10^4 раз, при этом l_{ef} уменьшится с 70 см до 0,07 мм, а выход эффектов первого порядка уменьшится почти в 100 раз.

Столь сильное сокращение фокусного расстояния линзы, формирующей лазерный пучок, конструктивно можно осуществить, направив лазерный пучок в центр области взаимодействия под углом к орбите электронов, близким к прямому. При этом из-за малости l_{ef} по сравнению с поперечными размерами электронного пучка выход эффектов второго порядка останется тем же, что и в стандартной "встречной" геометрии.

Проведенное рассмотрение показывает, что именно в "перпендикулярной" геометрии следует планировать эксперименты, в которых выход зависит от плотности лазерной мишени квадратично, в частности, эксперименты по регистрации эффектов высших порядков. Как уже отмечалось ранее /3, 4/, такая "перпендикулярная" геометрия обладает преимуществами для ряда других приложений. В этих же работах рассмотрены пути преодоления трудностей проведения экспериментов в "перпендикулярной" геометрии и описаны характеристики вторичных пучков гамма-квантов, обусловленных эффектами первого порядка.

Другим решением может быть использование сверхтонких пучков электронов. Так, в работе /5/ предложен эксперимент по нелинейному томпсоновскому рассеянию света на пучке электронов, минимальный диаметр которого в области взаимодействия составляет 0,5 мкм, что много меньше диаметра световой мишени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якименко М. Н. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 7, 18 (1988).
2. Ритус В. И. Труды ФИАН, 111, 5 (1979).
3. Мурашова В. А. и др. ЖЭТФ, 75, 1181 (1978).
4. Мурашова В. А., Пашенко Г. С., Якименко М. Н. ЖЭТФ, 88, 336 (1985).
5. Fernow R. C. et al. Preprint DOE/ER/3072-39, Princeton University, 1986.

Поступила в редакцию 19 апреля 1988 г.