

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ γ -КВАНТОВ С ПОМОЩЬЮ РАССЕЯНИЯ СВЕТОВЫХ ФОТОНОВ НА ЭЛЕКТРОНАХ, УСКОРЕННЫХ НА СИНХРОТРОНЕ «СИРИУС»

А. В. ПЕШКОВ, Б. Н. КАЛИНИН, Е. И. АЛЕКСАНДРОВ, А. В. КАРАКУЦЕВ

(Представлена семинаром сектора ВЭ НИИ ЯФЭА)

Фотонные пучки, которые используются для исследования в ядерной физике и физике элементарных частиц, характеризуются следующими параметрами: 1) энергия ω , 2) энергетическая ширина $\frac{\Delta\omega}{\omega}$ %, 3) интенсивность N , 4) степень поляризации P % и 5) плавность изменения энергии.

В настоящее время экспериментаторы имеют в своем распоряжении источники фотонов с энергией до 20 ГэВ , однако фотоны имеют при этом сплошной спектр и неполяризованы. Методы получения моноэнергетических и поляризованных фотонов начинают разрабатываться и применяться в последнее время.

Одним из этих методов получения поляризованных и квазимоноэнергетических γ -квантов является комптоновское рассеяние фотонов на релятивистских электронах [1, 2]. При таком взаимодействии максимальная энергия, соответствующая фотонам, рассеянными в направлении движения первичных электронов при встречном соударении электронного и фотонного пучков, дается следующим выражением:

$$\frac{\omega_{\max}}{\varepsilon} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_0^2}{4\varepsilon\omega_1}}, \quad (1)$$

где ω_1 — энергия падающего фотона,
 ε_0 — энергия покоя электрона,
 ε — полная энергия электронов.

(Здесь использована система единиц, где $\hbar = c = 1$).

Отсюда следует, что $\omega_{\max} \gg \omega_1$ и увеличение ε и ω_1 приводит к росту энергии рассеянных γ -квантов, которая при $\varepsilon_0^2/4\varepsilon\omega_1 \ll 1$ стремится к энергии электронов.

На синхротроне „Сириус“ максимальная энергия фотонов, полученных с помощью комптоновского рассеяния фотонов рубинового лазера ($\omega_1 = 1,78 \text{ эВ}$) на электронах с энергией 1 ГэВ , $\omega_{\max} = 27,8 \text{ МэВ}$, и при максимальной энергии электронов $1,5 \text{ ГэВ}$ $\omega_{\max} = 61,2 \text{ МэВ}$.

Следует отметить, что в отличие от тормозного излучения в рассматриваемом случае энергия образующихся фотонов однозначно связана с углом их вылета относительно направления движения первичного электрона, что дает возможность выделить γ -кванты опреде-

ленной энергии. Для того, чтобы выделить γ -кванты с $\frac{\Delta\omega}{\omega} = 10\%$ при энергии электронного пучка 1 Гэв, потребуется коллиматор с диаметром отверстия 5,2 мм на расстоянии 20 м от источника излучения. Такой коллиматор вырезает угол $2,6 \cdot 10^{-4}$ рад. Мощность существующих в настоящее время лазеров позволяет получить пучки фотонов с интенсивностью, достаточной для проведения экспериментов с использованием искровых и пузырьковых камер. Количество фотонов, образовавшихся в заданном углу при рассеянии лазерных фотонов на ускоренных электронах в камере ускорителя, может быть вычислено по формуле (3)

$$W_{\gamma} = \frac{2W_e W_p L d\sigma}{cAT}, \quad (2)$$

где W_e — количество электронов на орбите ускорителя,
 W_p — количество фотонов, излучаемое лазером за время одного импульса,
 L — длина области взаимодействия,
 $d\sigma$ — дифференциальное сечение,

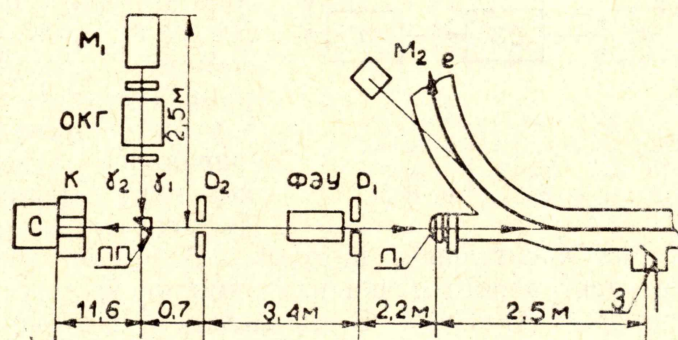


Рис. 1. Схема расположения экспериментального оборудования. L_1 — фокусирующая линза, ВКУ — вакуумная камера ускорителя, M_1 — монитор электронного пучка, D_1 и D_2 — подвижные диафрагмы, ПП — поворотная призма, ОКГ — рубиновый лазер, M_2 — монитор излучения лазера, К — коллиматор, С — спектрометр

c — скорость света,
 A — площадь наибольшего из взаимодействующих пучков,
 T — время взаимодействия,
 n — количество оборотов электронного пучка за время взаимодействия.

Для синхротрона «Сириус» $W_e = 1 \cdot 10^{10}$ эл, $W_p = 3,5 \cdot 10^{19}$ при мощности лазера 10 дж; $L = 157$ см, $d\sigma = 54$ мбарн, $A = 0,15$ см², $T = 1,5$ мксек количество комптоновских фотонов $W_{\gamma} = 12000$ за один цикл работы ускорителя.

Поляризация фотонов, полученных этим методом, будет равняться 100%, кроме того, полученные γ -кванты могут обладать как круговой, так и плоской поляризацией.

Основным источником фона при регистрации таких фотонов будет тормозное излучение на остаточном газе. Для синхротрона «Сириус», где вакуум в камере около $2 \cdot 10^{-6}$ тор, а длина прямолинейного участка равна 157 см, фон будет составлять примерно 750 тормозных фотонов за время взаимодействия при угле коллимации $2,6 \cdot 10^{-4}$ рад.

Схема экспериментальной установки, подготовленной нами для поляризованных γ -квантов, показана на рис. 1. Излучение лазера

(ОКГ), установленного под углом 90° к положению равновесной орбиты на прямолинейном участке, поворачивается прямоугольной призмой (ПП) и направляется через фокусирующую линзу (L_1) в вакуумную камеру ускорителя ВК. Вдвигное зеркало (З) используется для юстировки линзы (L_1). Рассеянные γ -кванты выходят из касательного патрубка, проходят поворотную призму (ПП) и попадают в детектор спектрометра (С).

Мониторы (M_1) и (M_2) контролируют мощность лазера и количество ускоренных электронов.

Для определения оси, касательной к орбите электронов на прямолинейном участке, в момент, когда энергия электронов достигает

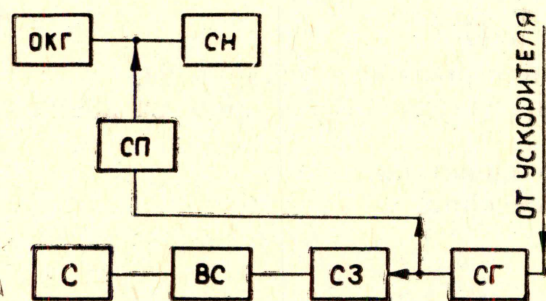


Рис. 2. Блок-схема устройства, обеспечивающего встречу электронного и лазерного пучка в определенный момент времени

заданного значения, используются две подвижные диафрагмы (D_1) и (D_2) с расположенными за ними ФЭУ. Перемещая диафрагмы, можно зафиксировать минимум синхротронного излучения, который соответствует расположению диафрагм на искомой оси. Диафрагмы, выставленные по минимуму излучения, задают направление луча лазера. Нами было проведено фотографирование скоростной кинокамеры синхротронного излучения с матового экрана,

установленного на касательном патрубке. В результате установлено, что положение электронного пучка на прямолинейном участке взаимодействия является стабильным. В дальнейшем диафрагмы выставлялись с помощью фотобумаг, которые экспонировались синхротронным излучением. Распределение плотности синхротронного излучения такое, что можно было выделить минимум, соответствующий орбите электронов с наименьшей кривизной. Наличие этого минимума позволяет выставить юстировочные диафрагмы как по вертикали, так и по горизонтали, чего нельзя сделать, когда взаимодействие осуществляется на криволинейном участке орбиты электронов, как это производилось в аналогичном эксперименте на 680 Мэв синхротроне в ФИАНЕ [5].

Для осуществления взаимодействия в момент, когда энергия ускоренных электронов достигает заданного значения, используется схема (см. рис. 2).

Импульс с синхрогенератора (СГ) синхротрона «Сириус» поступает на схему поджига лазера (СП) и схему задержки (СЗ). (СЗ) задерживает срабатывание схемы временной селекции (ВС) на 60 мксек, последняя запускает спектрометр (С) лишь за время излучения лазера. Лазер питается от схемы накачки (СН). Методика эксперимента является аналогичной методике, использованной в работе [5]. В настоящее время юстировка лазера закончена и ведутся работы по получению ожидаемого эффекта.

Приведенная работа позволяет надеяться в ближайшем времени получить поляризованный пучок γ -квантов с энергией 60 Мэв и интенсивностью, достаточной для эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Р. Арутюнян, В. А. Туманян. Phys. Letters. 4, 176, 1963.
2. Ф. Р. Арутюнян, И. И. Гольдман. ЖЭТФ. 45, 312, 1963.
3. О. Ф. Куликов и др. Phys. Letters. 13, 344, 1964.
4. R. H. Milburn. Laser Beams SLAC Report, 41, 1965.
5. О. Ф. Куликов и др. ПТЭ, 4, 1967.