

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АРКАДИЙ АРШАЛУЙСОВИЧ АРМАГАНЯН

КОГЕРЕНТНОЕ РОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОН—ПОЗИТРОННЫХ
ПАР В КРИСТАЛЛАХ И ПОЛЯРИЗАЦИЯ ФОТОНОВ

(на русском языке)

(01.04.01 - экспериментальная физика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

ЕРЕВАН— 1975

Работа выполнена в Ереванском Физическом институте.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук
Р.О.Авакян.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук
П.В.Сорокин, УФТИ, г. Харьков,
доктор физико-математических наук
К.А.Испирян, ЕрФИ, г. Ереван.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Томский политехнический институт имени С.М.Кирова.

Автореферат разослан " " 1975 г.

Защита диссертации состоится " " 1975 г.

в " " часов на заседании Ученого совета Ереванского
Физического института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕрФИ.

Ученый секретарь Совета,
кандидат физико-математических наук /В.А.Шахбазян/

В последние годы на крупных электронных ускорителях мира созданы поляризованные пучки фотонов высоких энергий. В основном, такие пучки получены использованием когерентного тормозного излучения электронов в монокристаллических радиаторах [1,2]. Этот метод особенно эффективен в области сравнительно малых энергий излученного фотона. С увеличением же энергии излученного фотона степень линейной поляризации падает и практически отсутствует, когда энергия фотона становится более $2/3$ начальной энергии электрона.

Кабиббо и другими предложен метод, позволяющий получить поляризованный фотонный пучок на конце спектра тормозного излучения. Метод основан на когерентном образовании электрон-позитронных пар в кристалле и на селективном поглощении фотонов в зависимости от их поляризации. Если фотонный пучок обладает поляризацией, то, помимо чисто когерентных явлений в образовании электрон-позитронных пар, возникает также корреляция между вектором решетки кристалла и вектором поляризации фотона. В зависимости от их взаимного расположения в пространстве сечение образования электрон-позитронных пар в кристалле различно. [3]

Исходя из этого, когерентный процесс образования электрон-позитронных пар в кристалле может использоваться в двух аспектах:

- а) для анализа степени поляризации фотонных пучков,
- б) для получения поляризованных фотонных пучков предельной энергии тормозного спектра.

В диссертации изложены результаты исследований взаимодействия поляризованных и неполяризованных фотонных пучков энергии 1,5 и 4,5 Гэв с монокристаллами.

Измерена степень линейной поляризации пучка фотонов энергии 1,5 Гэв, полученного с помощью когерентного тормозного излучения электронов энергии 4,5 Гэв на кристалле алмаза.

Методом селективного поглощения неполяризованного пучка фотонов в кристалле корунда получен поляризованный пучок фотонов предельной энергии тормозного спектра и измерена степень его поляризации.

В процессе исследований обнаружен аномально малый выход тормозных фотонов предельной энергии в зависимости от угла влета электронов в кристалл алмаза.

Работа выполнена в Ереванском Физическом институте.

Результаты исследований опубликованы в работах [4-10] и докладывались на сессии АН СССР (г.Москва, 1974), УІ Всесоюзном Советании по взаимодействию заряженных частиц с монокристаллами (г.Москва, 1974), Международной конференции по достижениям в физике высоких энергий (Венгрия, г.Балатон, 1974), Международной конференции по физике высоких энергий (г.Лондон, 1974).

Диссертация состоит из четырех глав.

В первой главе дан теоретический анализ процесса когерентного рождения электрон-позитронных пар в кристалле фотонами высокой энергии и описаны методы получения поляризованных фотонных пучков на электронных ускорителях.

Во второй главе описаны экспериментальная установка и измерительная аппаратура, используемые в исследованиях.

Для ориентации монокристаллов относительно фотонного и электронного пучков использовались гониометрические системы. Положение кристалла (радиатора), служащего для получения квазимонохроматического поляризованного пучка фотонов, используя когерентное тормозное излучение электронов, определяется с точностью $\pm 0,04$ мрад. Ориентация поляризатора фотонов предельной энергии по методу селективного поглощения осуществляется с точностью $\pm 0,3$ мрад.

При измерении поляризации фотонного пучка с помощью метода когерентного образования электрон-позитронных пар анализирующая кристаллическая пластинка ориентировалась с точностью $\pm 0,12$ мрад. Указанная точность ориентации кристаллов относительно фотонного пучка, как показывают расчеты, удовлетворительна, так как эффекты когерентного образования электрон-позитронных пар фотонами в кристаллах менее критичны к углу влета, чем в случае тормозного излучения электронов.

Приведены параметры фотонных пучков, полученных тормозным излучением электронов энергии 4,5 Гэв на кристалле алмаза, а также в аморфном вольфрамовом радиаторе.

Экспериментально изучен выход фотонов предельной энергии, полученных тормозным излучением электронов на кристалле алмаза. При больших передаваемых импульсах процесс тормозного излучения электронов на кристаллах происходит некогерентно; теорией не предсказывается существенного изменения интенсивности, связанного с ориентацией монокристалла относительно

электронного пучка. Нами исследована зависимость выхода тормозных фотонов энергии 4,38 Гэв от угла влета электронов энергии 4,5 Гэв в кристалл. В качестве радиатора использовалась алмазная пластинка размерами $0,1 \times 3,0 \times 6,0 \text{ мм}^3$, широкая грань которой имела индекс $[100]$. Очищенный от заряженных частиц тормозной γ - пучок коллимировался в пределах угла $0,16$ мрад. Обнаружено существенное уменьшение выхода тормозных фотонов вблизи "нулевого" угла влета электронов относительно оси $[100]$. На рис. 1. показаны результаты экспериментальных измерений. Для сравнения приведены также расчетные кривые, посчитанные в рамках теории возмущений и в эйкональном приближении, которое дает качественное согласие с экспериментом.

Во всех экспериментальных измерениях мониторингирование γ - пучка проводилось с помощью независимого мониторингового канала, на трассе которого установлен квантометр Вильсона. На мишень мониторингового канала сбрасывались электроны каждого десятого цикла работы ускорителя. Остальные девять циклов из десяти использовались нами в экспериментальных измерениях. Такой метод мониторингирования особенно удобен при измерениях угловых зависимостей, связанных с ориентацией монокристалла относительно начальных импульсов электрона или фотона.

Третья глава посвящена измерению поляризации фотонного пучка энергии 1,5 Гэв, полученного когерентным тормозным излучением электронов энергии 4,5 Гэв на кристалле алмаза. Измерение поляризации основано на когерентном рождении электрон-позитронных пар поляризованными фотонами в кристалле. Экспериментально исследовалась зависимость рождения симмет-

ричных электрон-позитронных пар фотонами энергии 1,5 Гэв от угла влета в кристалл алмаза. Вращением кристалла вокруг горизонтальной и вертикальной осей добиваемся максимальной интенсивности в рождении симметричных электрон-позитронных пар неполяризованными фотонами. При таком положении кристалла корреляционные эффекты между вектором решетки и вектором поляризации наиболее существенны. После ориентации кристалла алмаза неполяризованный пучок заменяется поляризованным и измеряется число симметричных электрон-позитронных пар N_{\parallel} и N_{\perp} , когда вектор поляризации фотона лежит в плоскости $([110], \vec{k})$ и перпендикулярен к ней соответственно. Эти значения соответствуют максимальному сечению образования пар фотонами с указанными выше поляризациями. Измерялись также и минимальные значения N_{\parallel}^i и N_{\perp}^i , которые соответствуют потере первой плоскости обратной решетки.

Экспериментально измеренная степень поляризации фотонов энергии 1,5 Гэв составляет 86%. Для исключения геометрической асимметрии измеренные величины N_{\parallel} , N_{\perp} , N_{\parallel}^i и N_{\perp}^i нормировались на значение счета в случае, когда импульс фотона совпадает с осью $[110]$ алмазной пластины.

В четвертой главе описаны исследования, проведенные для получения поляризованных фотонных пучков по методу селективного поглощения неполяризованных фотонов в кристалле корунда. Дан анализ поперечных сечений образования электрон-позитронных пар фотонами и тормозного излучения электронов на кристалле корунда. Ввиду высокой дебаевской температуры, большой поляризующей способности и возможности выращивания его до больших

размеров, корунд является хорошим поляризатором фотонов высоких энергий.

Коллимированный пучок фотонов от вольфрамовой мишени, установленной в прямой секции ускорителя, интенсивностью $1,5 \cdot 10^9$ эффективных фотонов в секунду, предельной энергии 4,5 Гэв, падал на монокристалл корунда. Кристалл имел форму правильной шестигранной призмы, торцевая грань которой перпендикулярна оси [III]. Высота призмы 30 см.

Расходимость фотонного пучка после коллимации составляла 0,06 мрад. Прощедший через кристалл фотонный пучок очищался от заряженных частиц двумя очищающими магнитами.

Затем попадал на алюминиевый конвертор парного γ -спектрометра. Регистрируя симметричные электрон-позитронные пары, исследовалась зависимость выхода фотонов энергии 4,4 Гэв от угла влета относительно оси [III]. При угле влета, соответствующему максимальному сечению поглощения (минимальный выход фотонов данной энергии) ожидается максимальная поляризация. Поляризация фотонного пучка энергии 4,4 Гэв измерялась в широком диапазоне углов влета. Использована та же методика, что и при измерении поляризации фотонного пучка энергии 1,5 Гэв. Результаты измерений показаны на рис. 2.

Проведен также расчет спектра фотонов, вышедших из монокристалла корунда. Вычисления проведены по методу Монте-Карло с учетом когерентных явлений в образовании электрон-позитронных пар фотонами, а также в тормозном излучении электронов и позитронов.

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему:

1) Измерена степень линейной поляризации фотонного пучка энергии 1,5 Гэв, полученного когерентным тормозным излучением электронов энергии 4,5 Гэв на кристалле алмаза. Высокая степень поляризации обусловлена малой первичной расходимостью электронного пучка ускорителя, малой толщиной радиатора и жесткой коллимацией тормозных фотонов.

2) С помощью метода селективного поглощения неполяризованных фотонов в кристалле корунда получен поляризованный фотонный пучок предельной энергии ускорителя ЕрФИ и измерена степень его поляризации. Поляризация 14,5% достигается 25-кратным падением интенсивности начального пучка.

3) Изучен выход тормозных фотонов предельной энергии в зависимости от угла влета электронов в кристалл алмаза. Из экспериментально полученных результатов следует, что при больших переданных импульсах (жесткие фотоны) формулы теории возмущений неприменимы. С помощью эikonального приближения дается качественное объяснение наблюдаемого эффекта.

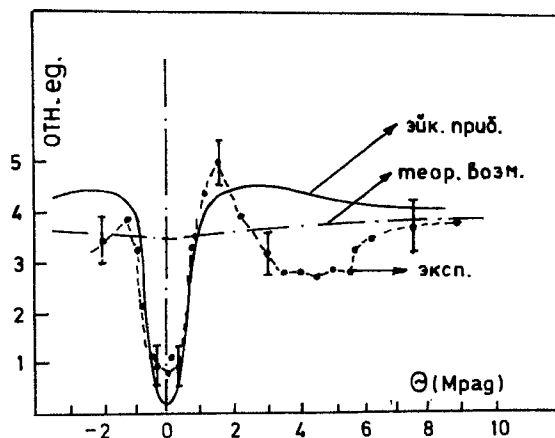


Рис. 1. Выход фотонов предельной энергии тормозного спектра в зависимости от угла влета электронов в кристалл алмаза.

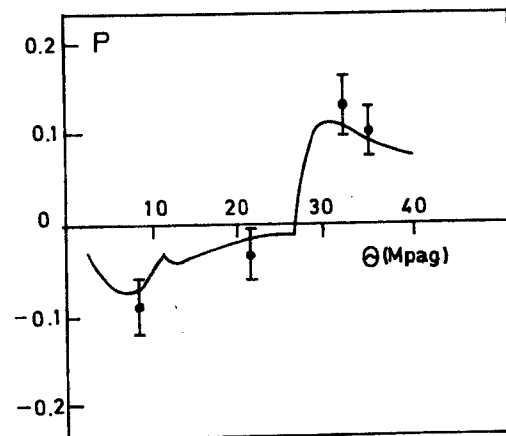


Рис. 2. Результаты измерений поляризации фотонов энергии 4,4 Гэв. Сплошная кривая - теоретический расчет.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Л.Тер-Микаелян, ЖЭТФ, 25, 296 (1953).
2. H.Überall, Phys. Rev., 103, 1055 (1956).
3. N.Cavibbo et all., Nuovo Cimento, 27, 979 (1963).
4. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, С.М.Дарбинян, Изв. АН Арм.ССР, Физика, 7, 298 (1972).
5. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, С.М.Дарбинян, Изв. АН Арм.ССР, Физика, 7, 311 (1972).
6. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, Л.Г.Арутюнян, Г.А.Вартапетян, А.Г.Искандарян, Р.М.Мирзоян, Г.М.Элбакян, Изв. АН Арм.ССР, Физика, 9, 252 (1974).
7. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, С.М.Дарбинян, В.И.Кочкин, Г.А.Ососков, И.И.Шелонцев, Н.Ю.Ширикова, ОИЯИ, ПИ-7973, Дубна, 1974.
8. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, С.М.Дарбинян, В.И.Кочкин, Г.А.Ососков, И.И.Шелонцев, Н.Ю.Ширикова, ОИЯИ, ПИ-7494, Дубна, 1973.
9. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, Л.Г.Арутюнян, С.С.Данагулян, С.М.Дарбинян, Р.М.Мирзоян, Р.Ц.Саркисян, С.П.Тароян, Г.М.Элбакян, Научное сообщение ЕФИ-77(74), Ереван, 1974.
10. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян, Л.Г.Арутюнян, С.М.Дарбинян, Н.П.Калашников, Письма в ЖЭТФ, т. 21, вып. 7, 451, 1975.

Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 320

ВФ-06069

Тираж 200

Отпечатано на роталпринте
Ереванского физического института, Ереван 36, пер.Маркаряна 2