

УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,
ИНДУЦИРОВАННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРОМ

М. И. Благоев, В. А. Мурашова, Г. С. Пашенко, Т. И. Сырейщикова,
Р. Г. Хавизов, Л. Е. Шубин, М. Н. Яковенко

УДК 539.1.075:621.375.826

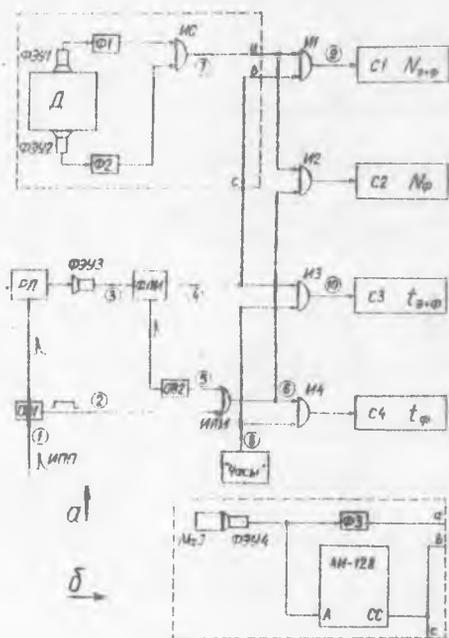
Описана установка, использованная для регистрации гамма-квантов, возникающих при рассеянии фотонов рубинового лазера на релятивистских электронах, в условиях высокого уровня фона.

В результате комптоновского рассеяния монохроматического лазерного излучения на релятивистских электронах возникает, как известно /1-3/, остронаправленный пучок гамма-квантов, обладающий рядом полезных свойств (квазимонохроматичность, высокая степень поляризации). Для исследования такого процесса рассеяния нами была создана установка, сходная в общих чертах с описанной ранее /4/, но с существенно модифицированной системой регистрации.

Эксперимент проводился на внутреннем пучке синхротрона ФИАН с максимальной энергией 600 МэВ. Период следования циклов ускорения синхротрона составляет 6,15 с; процесс ускорения электронов до максимальной энергии занимает около 1 с в каждом цикле. Скорость возрастания энергии электронов около 1 МэВ/мс. Источником фотонов служил импульсный рубиновый лазер, запускаемый в каждом цикле ускорения при достижении электронами энергии 485 МэВ. Регистрация рассеянных квантов осуществлялась пластмассовым сцинтилляционным детектором с двумя фотоумножителями, включенными по схеме совпадения.

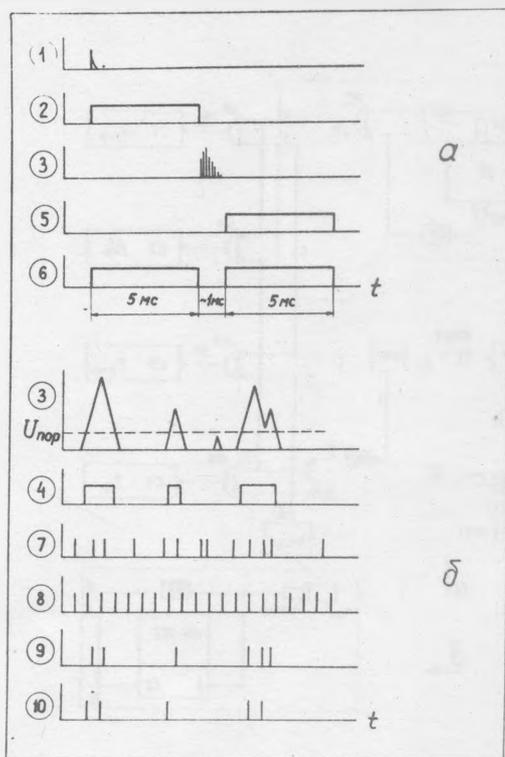
При разработке новой системы регистрации были использованы два основных принципа: 1) временная привязка регистрации к микросекундной структуре лазерного импульса и 2) измерение фона и суммы "эффект" + фон в каждом цикле ускорения. Для краткости "эффектом" мы называем интересующие нас комптоновские гамма-кванты.

Структурная схема установки, основанной на этих двух принципах, приведена на рис. 1, а временная зависимость напряжений в различных точках схемы - на рис. 2а (для упрощения все импульсы показаны положительными). На рис. 2б изображен в увеличенном масштабе отрезок времени, соответствующий генерации лазера.



Р и с. 1. Структурная схема системы регистрации: Ф1 - Ф3 - формирователи импульсов, ИО - И4 - схемы совпадений, ИЛИ - логический сумматор, С1 - С4 - счетчики импульсов, ОВ1, ОВ2 - одновибраторы 5 мс, РЛ - рубиновый лазер, ФЛИ - схема формирования лазерных импульсов, Д - гамма-детектор, ИПП - импульс привязки к полю, поступающий от ускорителя. Пички лазера условно показаны треугольными

В каждом цикле ускорения в момент достижения электронами выбранной энергии (в нашем случае 485 МэВ) от ускорителя поступает импульс привязки к полю ИПП, запускающий первый одновибратор 5 мс ОВИ. Задним фронтом импульса ОВИ запускается схема под-



Р и с. 2. Эпюры напряжений в помеченных цифрами точках схемы

жигла лазера. Излучение лазера, прошедшее через заднее лазерное зеркало (коэффициент отражения близок к 100%), регистрируется фотоумножителем ФЭУ-3, сигнал с которого (рис. 2, эпюры 3) поступает на схему формирования лазерных импульсов ФЛИ. Схема ФЛИ формирует логические импульсы, длительность которых соответствует длительности лазерных пачек на уровне $U_{\text{пор}} \approx 0,1$ В (рис. 2б, эпюра 4),

и приблизительно через 50 мкс после прихода последнего пичка выработывает импульс конца генерации лазера. Этот импульс запускает второй одновибратор 5 мс ОВ2. В течение импульсов ОВ1 и ОВ2 происходит измерение фона, а между ними (при наличии сигнала от ФЭУ-3) — суммы "эффект" + фон.

Выходные импульсы указанных схем используются следующим образом. Импульсы гамма-детектора, совпадающие с выходными импульсами схемы ФЛИ, могут соответствовать как комптоновским ("эффект"), так и тормозным (фон) гамма-квантам, и образуют суммарный счет за время генерации лазера $N_{\alpha+\phi}$ ("эффект" + фон, схема совпадений И1 и счетчик С1). Совпадения импульсов гамма-детектора с импульсами одновибраторов ОВ1 и ОВ2 дают количество импульсов фона от тормозных гамма-квантов за время 10 мс N_{ϕ} (соответственно И2 и С2). Точное время измерения фона t_{ϕ} определяется путем счета совпадений импульсов генератора 1 МГц (часов) с импульсами одновибраторов ОВ1 и ОВ2 (И3 и С3). И, наконец, чистое время генерации лазера $t_{\alpha+\phi}$, в течение которого происходит измерение величины $N_{\alpha+\phi}$, регистрируется счетчиком С4 по совпадениям импульсов "часов" с выходными импульсами схемы ФЛИ (схема совпадений И4). Здесь следует отметить, что хотя период импульсов "часов" сравним с длительностью выходных импульсов схемы ФЛИ, связанная с этим ошибка измерения $t_{\alpha+\phi}$ пренебрежимо мала. Последнее было проверено экспериментально (путем сравнения результатов, полученных с частотами "часов" 1 МГц и 30 МГц) и объясняется усреднением по большому количеству (несколько сотен) лазерных пичков и соответствующих им выходных импульсов ФЛИ.

Легко видеть, что четыре измеряемые величины позволяют определить количество зарегистрированных импульсов от комптоновских гамма-квантов ("эффект") по формуле

$$N_{\alpha} = N_{\alpha+\phi} - N_{\phi} t_{\alpha+\phi} t_{\phi}^{-1}$$

Схема содержала также элементы (не показанные на рис. 1), позволявшие проводить проверку функционирования установки в различных контрольных режимах.

Кроме указанных четырех величин в каждом цикле ускорения с целью нормировки на интенсивности взаимодействующих пучков регистрировались также количество ускоряемых электронов на орбите

(монитор электронного сгустка описан в работе /5/) и количество лазерных пучков. Из последней величины с помощью предварительно полученной кривой определялась средняя энергия лазерных импульсов. Заметим здесь, что подключение интегратора к выходу ФЭУ лазера даст возможность прямого измерения энергии лазерных импульсов.

Описанная схема регистрации позволяла оптимизировать условия встречи (перекрытие) взаимодействующих пучков и фокусировку луча лазера, а также измерить интегральный по спектру выход гамма-квантов. Для измерения энергетического спектра пучка рассеянных квантов пластический сцинтиллятор был заменен на кристалл NaI(Tl) , а выделенный штриховой линией на рис. 1а участок схемы был изменен, как показано на рис. 1б. Выходные импульсы гамма-детектора (ФЭУ-4) поступали как на счет (через формирователь ФЗ), так и на вход А (анализ) многоканального анализатора АИ-128, работавшего в режиме совпадений. На вход совпадений (СС) анализатора подавались выходные импульсы схемы ФЛИ; анализ разрешался, таким образом, только во время генерации лазера. Так измерялся спектр "эффект + фон". Одновременно описанным выше способом измерялись величины $N_{\text{в+ф}}$, $t_{\text{в+ф}}$, $N_{\text{ф}}$ и $t_{\text{ф}}$, знание которых в данном случае было необходимо для правильного вычитания спектра фона. При измерении спектра фона запуск лазера отключался, и анализ в каждом цикле ускорения разрешался на время 10 мс, причем середина этого интервала соответствовала энергии электронов 485 МэВ. Затем проводилась обработка измеренных спектров с учетом нормировочных соотношений.

Полученные экспериментальные результаты будут опубликованы в ближайшее время.

Следует отметить, что описанная установка с соответствующими изменениями может быть использована в любых экспериментах с импульсными лазерами, где желательно снизить фоновую нагрузку регистрирующей аппаратуры.

Авторы благодарны С. С. Молчанову за полезные консультации.

Поступила в редакцию
13 января 1978 г.

Л и т е р а т у р а

1. Ф. Р. Арутюнян, В. А. Туманян, ЖЭТФ, 44, 2100 (1963); Ф. Р. Арутюнян, И. И. Гольдман, В. А. Туманян, ЖЭТФ, 45, 312 (1963).
2. О. Ф. Куликов, Ю. Я. Тельнов, Е. И. Филиппов, М. Н. Якименко, ЖЭТФ, 56, 115 (1969); Письма в ЖЭТФ, 9, 519 (1969).
3. R. N. Milburn, Международная конференция по электромагнитным взаимодействиям при низких и средних энергиях, т. 4, стр. 322, Дубна, 1967 г.
4. О. Ф. Куликов, Ю. Я. Тельнов, Е. И. Филиппов, М. Н. Якименко, ПТЭ, 4, 14 (1967).
5. Ю. Н. Метальников, С. С. Молчанов, Б. Н. Пышкин, Измерение количества ускоряемых электронов в С-60, Отчет ФИАН, 1965 г.