

УДК 621.384

СОЗДАНИЕ КАНАЛА ТРАНСПОРТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА С ЭНЕРГИЕЙ 20 МЭВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО РАДИАЦИОННЫМ ПРОЦЕССАМ

**Р.О. АВАКЯН, А.Э. АВETИСЯН, А.З. БАБАЯН, К.А. ИСПИРЯН,
В.Ц. НИКОГОСЯН, С.П. ТАРОЯН**

Ереванский физический институт им. А.И. Алиханяна

(Поступила в редакцию 15 июня 2009 г.)

В ЕрФИ разработан и сооружен тракт транспортировки электронного пучка с энергией 20 МэВ, достигнутый параллельным переносом пучка с действующего 75 МэВ-ного линуса-инжектора 6 ГэВ-ного Ереванского синхротрона. Параметры пучка позволяют проводить экспериментальные исследования в области излучения электронов в монокристаллах.

1. Введение

В Ереванском физическом институте долгие годы занимались вопросами взаимодействия электронов с кристаллическим веществом [1-3]. Эти работы проводились с целью выявления возможностей получения монохроматичных и узконаправленных фотонных пучков с управляемыми пространственно-временными параметрами. Источниками таких излучений могут служить процесс каналирования заряженных частиц в кристаллах, а также когерентное тормозное и параметрическое излучения.

Для выполнения вышеуказанных исследований в кольцевом зале синхротрона сооружен тракт транспортировки электронного пучка с энергией 20 МэВ на базе существующего 75 МэВ-ного линуса-инжектора 6 ГэВ-ного Ереванского синхротрона. Параллельный перенос пучка с инжекторного канала обеспечил независимое функционирование и условие бездисперсионности 20 МэВ-ного тракта, необходимое для формирования требуемых параметров электронного пучка на мишени. Это позволило проведение ряда экспериментов по исследованию взаимодействия электронного пучка с кристаллами алмаза и кварца, а также с пьезокристаллом при наличии ультразвука.

2. Тракт транспортировки пучка

На рис.1 представлена функциональная схема тракта транспортировки электронного пучка.

Трехмиллиметровый колиматор (coll1) установлен за радиационно-защитной стеной (в помещении линуса) с целью исключения проникновения

фотонного фона в синхротронный зал. После коллимации интенсивность пучка составляет 10^9 – 10^{10} электронов в импульсе.

До магнита М1 пучок транспортируется по тракту инъекции электронов в синхротрон. Поворотным магнитом М1 пучок отклоняется на 26° с тракта инъекции пучка в синхротрон и проходит по вновь созданному тракту. На расстоянии ~ 4.5 м от первого магнита установлен такой же второй поворотный магнит М2, отклоняющий пучок также на 26° , но в обратном направлении. Между магнитами установлены 3 квадрупольные линзы, которые вместе с магнитами М1 и М2 обеспечивают условие ахроматичности пучка при его параллельном переносе [4]. Дублетом линз Q8 и Q9 обеспечивается формирование пучка диаметром ~ 3 мм на мишени. Электронный пучок после взаимодействия с мишенью отклоняется вниз на 55° посредством электромагнита М3 и проходит через радиационно-защитный пол на цилиндр Фарадея (FCup). Выбранная схема транспортировки пучка позволяет уменьшить фотонный фон на детекторе, возникающий от взаимодействия пучка с коллиматором и цилиндром Фарадея.

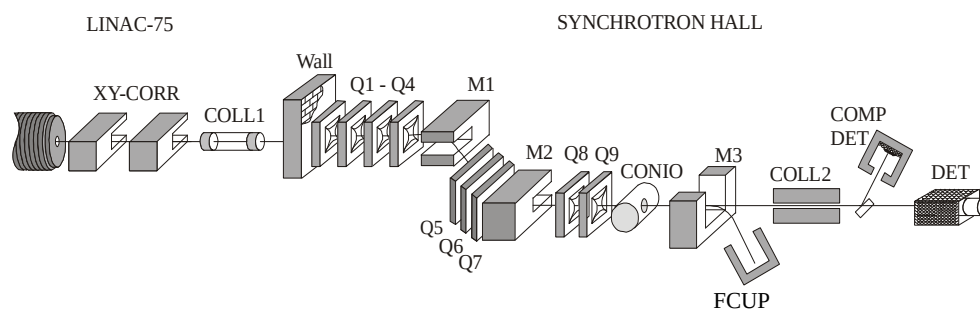


Рис.1. Функциональная схема тракта транспортировки пучка.

Основные параметры рабочего пучка приведены в табл.1.

Вычисление магнитной оптики тракта было выполнено в 2 этапа. На первом этапе были проведены предварительные вычисления необходимого количества магнитных элементов, требуемые параметры и места их расположения, основанные на геометрии тракта, а также на требовании конечных параметров пучка. На втором этапе расчета были определены величины градиентов линз и магнитных полей поворотных магнитов. Вычисление магнитной оптики было выполнено программой TRACE-3D [5].

Целью оптимального регулирования магнитной оптики, наряду с формированием требуемых размеров пучка на мишени было также достижение минимальных X-Y размеров пучка по всему тракту, для обеспечения минимального фотонного фона, являющегося результатом взаимодействия электронов с вакуумной камерой.

Для экспериментального определения эмиттанса пучка измеряются X-Y размеры одновременно в трех сечениях тракта, при установленных величинах

токов линз и магнитов, и по программе вычисляется эмиттанс пучка [5]. Для этого используются 3 дистанционно перемещаемых экрана, покрытые люминофором и три TV-камеры, направленные на соответствующие экраны. Один из экранов установлен перед мишенью, а остальные 2 экрана установлены в двух сечениях тракта, и изображения пучков с экранов с помощью 3-х TV-камер проектируются на экран монитора. С целью одновременного измерения размеров пучка в 3-х сечениях, экраны в первых 2-х сечениях выполнены в виде сетки с малым шагом с использованием тонкого провода. Это позволяет видеть изображение пучка на мишени при одновременном проходе пучка через первые 2 экрана с малым искажением.

Табл.1. Основные параметры пучка на мишени.

Параметры	Единица изм.	Величины
Энергия электронов	МэВ	20
Частота повт. импульсов	Гц	50
ВЧ частота	ГГц	0.5–1
Длительность импульса	мкс	2.7973
Длительность банча	нс	0.036
Разброс по энергии	%	2
Горизонтальный размер пучка	мм	3
Вертикальный размер пучка	мм	2
Горизонтальный эмиттанс	мм мрад	1.0
Средний ток пучка	нА	0.1–1000

3. Экспериментальная установка

При разработке экспериментальной установки были учтены требования многофункциональности аппаратуры с целью расширения диапазона исследуемых физических процессов. При незначительной модификации установка может быть использована не только в измерениях квазичеренковского излучения, но и в исследованиях излучения электронов в условиях их каналирования в кристаллах [2,3]. Общей задачей в обоих типах исследований является ориентировка кристаллического радиатора под электронным пучком. Для этой цели предусматриваются измерения потоков частиц, проходящих после мишени через узкий коллиматор (coll2), установленный перед регистрирующим детектором. При этом магнит МЗ, отклоняющий электроны на цилиндр Фарадея, отключается и на прямом пучке измеряются характерные ориентационные зависимости углов многократного рассеяния. С помощью гониометра (GONIO) проводилась ориентация монокристаллической пластины под электронным пучком. Мишень,

вмонтированная в гониометр, могла вращаться в горизонтальном и вертикальном направлениях осей в области $\pm 6^\circ$. Углы фиксировались с точностью $\pm 4 \times 10^{-5}$ рад [3].

На рис.2 приведен энергетический спектр излучения каналированных электронов с энергией 20 МэВ в толстом кристалле кварца в отсутствие внешних воздействий.

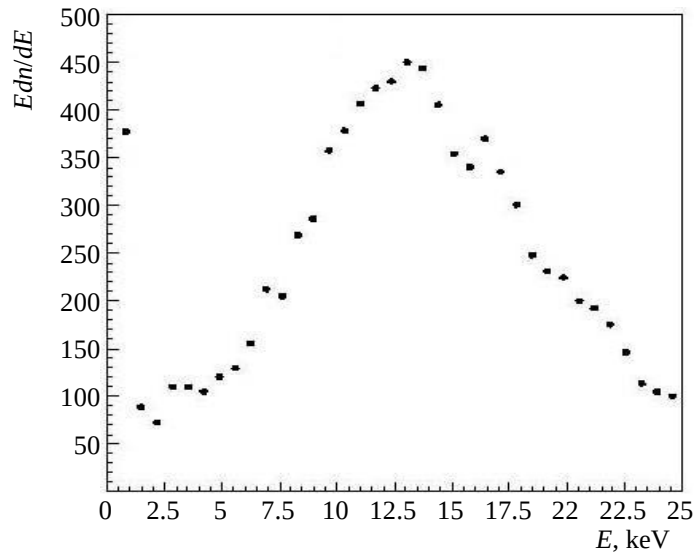


Рис.2. Спектры излучения каналированных электронов с энергией 20 МэВ.

Значения интенсивности электронного пучка на мишени контролировались в диапазоне от 10 до 150 нА. Проведены также измерения по оценке фоновых условий эксперимента. Созданный тракт обеспечил формирование электронного пучка с малыми размерами и малой угловой расходимостью, что позволило проведение эксперимента по измерению энергетического спектра излучения в монокристалле кварца. Достигнутые параметры электронного пучка позволяют также выполнять эксперименты по широкому кругу радиационных процессов, таких как параметрическое и когерентное тормозное излучения.

Работа была выполнена в рамках проектов INTAS (№ 576) и ISTC (A-090 и A-100).

ЛИТЕРАТУРА

1. **R.O.Avakyan, A.E.Avetissyan, S.P.Taroyan, et al.** Nucl. Instr. and Meth. B, **48**, 266 (1990).
2. **R.H.Avakian, S.P.Taroyan, A.E.Avetisian, et al.** Phys. Lett. B, **281**, 153 (1992).
3. **R.O.Avakian, A.E.Avetisian, A.A.Armaganian, et al.** (Yerevan Phys. Inst.), EFI-523-10-82-YEREVAN-mc (microfiche), 1981.
4. **K.G.Steffen.** High Energy Beam Optics. New York, Interscience, 1965.

5. **K.R.Grandall, D.R.Rusthoi.** RACE3D Documentation, LA-UR-97-886, 1997.

20 ՄԷՎ ԷՆԵՐԳԻԱՅՈՎ ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐԻ ՓՆՋԱՏԱՐԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄԸ
ՃԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Ռ.Հ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Ա.Է. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Ա.Զ. ԲԱԲԱՅԱՆ,
Կ.Ա. ԻՍՊԻՐԻԱՆ, Վ.Ց. ՆԻԿՈԳՈՏԻԱՆ, Ս.Պ. ԹԱՐՈՅԱՆ

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտում նախագծված և կառուցված է 20 ՄԷՎ էներգիայով էլեկտրոնների փնջատար: Այն իրականացվել է Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտի 6 ԳԷՎ-անոց սինքրոտրոնի 75 ՄԷՎ էներգիայով զծային արագացուցիչ-ներարկչի էլեկտրոնային փնջի զուգահեռ տեղափոխումով: Ստացված փնջի բնութագրերը հնարավորություն են տալիս անցկացնել ճառագայթային երևույթների տարատեսակ գիտափորձական հետազոտություններ:

CREATION OF 20 MeV ELECTRON BEAMLINE
FOR RADIATION PROCESS EXPERIMENTS

R.O. AVAKIAN, A.E. AVETISYAN, A.Z. BABAYAN,
K.A. ISPIRIAN, V.TS. NIKOGHOSIAN, S.P. TAROYAN

A 20 MeV electron beamline has been designed and mounted at the Yerevan Physics Institute. That has been obtained after beam parallel transfer from the operating 75 MeV injector-linac of the 6 GeV Yerevan Synchrotrons. The parameters of the beam allow carrying out experimental investigations of electron radiation in single crystals.