

УДК 548.732

МОДУЛЯЦИЯ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
АКУСТИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИА. Р. МКРТЧЯН, М. А. НАВАСАРДЯН, А. А. КОЧАРЯН, В. К. МИРЗОЯН,
О. А. УНАНЯН, К. Т. АЙРАПЕТЯН

Институт прикладных проблем физики АН АрмССР

С помощью возбужденного пьезоэлектрическими колебаниями монокристалла кварца, установленного на пути синхротронного излучения (СИ), при условии Брэгга реализована модуляция отраженного синхротронного излучения в области от 1 Гц до 15 кГц. Отражение получено от атомных плоскостей (10 $\bar{1}1$) и охватывает область длин волн СИ от 0,3 до 1,2 Å. Приведены изображения модулированных пучков с экранов осциллографа и многоканального анализатора.

Вопрос создания мощного, направленного и управляемого источника излучения ангстремных длин волн является одним из актуальных вопросов современной физики. В этом отношении получение интенсивного синхротронного излучения занимает ведущее место, особенно если учесть, что в настоящее время для них разрабатываются более мощные источники [1]. С другой стороны, стоит вопрос эффективного использования этих источников [2, 3].

Отметим, что если для ускорителей и накопителей можно создать некоторое, хоть и ограниченное, число каналов синхротронного излучения, то ондуляторы или подобного типа другие установки (отклоняющие магниты, многополюсные виглерные магниты и т. д.), дающие направленные и единичные пучки, лишены такой возможности. Поэтому если можно было бы найти пути повышения эффективности использования таких установок, то они сильно расширили бы их возможности и оправдали бы строительство таких гигантских сооружений.

Одним из таких перспективных направлений, на наш взгляд, является расщепление начального излучения непрерывного спектра на многочисленные монохроматические пучки при условии полной перекачки излучения данных длин волн из первоначального направления в направление отражения.

Эффективность и значение таких источников синхротронного излучения может возрасти, если применить метод пространственной и временной модуляции таких пучков, аналогичный тому способу, который развили авторы работ [4—6] для излучений от рентгеновских трубок. В этих работах показано, что внешними акустическими возбуждениями можно управлять формой и параметрами (в пространстве и во времени) дифрагированного рентгеновского излучения. Так, например, высокочастотными акустическими колебаниями, генерированными в пьезокристалле с $\mu l < 1$, можно выделить монохроматизированный пучок рентгеновского излучения и полно-

стью перекачать его из направления прохождения в направление дифракции. Кроме того, двойными высокочастотными и низкочастотными колебаниями в реальном масштабе времени можно менять форму распределения интенсивности дифрагированного излучения. Почти очевидно, что аналогичным образом можно модулировать и синхротронное излучение (СИ).

Для получения практических результатов было проведено исследование модуляции СИ с помощью монокристалла—монокроматора, находящегося под воздействием пьезоэлектрических колебаний. Работа была выполнена на кольцевом ускорителе ЕрФИ АРУС.

Схема эксперимента представлена на рис. 1а. Узкий пучок 1 СИ от ускорителя электронов направлялся на монокристалл кварца 2 X-среза,

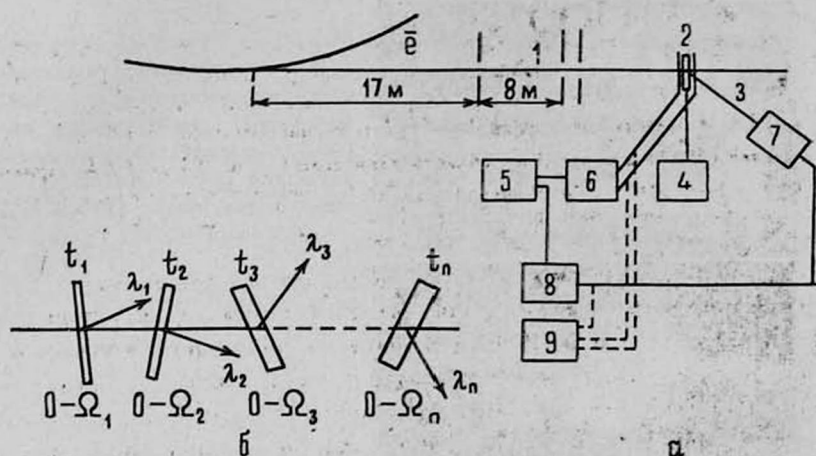


Рис. 1. а) Принципиальная схема экспериментальной установки для модуляции синхротронного излучения: 1 — падающий синхротронный пучок, 2 — модулирующий пьезокварц, 3 — дифрагированный модулированный пучок, 4 — гониометр, 5, 6 — низкочастотный и высокочастотный генераторы, 7 — сцинтилляционный счетчик, 8 — анализатор, 9 — осциллограф; б) расположение модуляторов разных частот вдоль синхротронного пучка.

находящийся на расстоянии 25 м от точки генерации СИ. С помощью системы щелей пучок был коллимирован так, чтобы на кристалле его поперечное сечение составляло $10 \times 1 \text{ мм}^2$. Кристалл кварца с помощью гониометра устанавливался в отражающее положение по Брэггу в геометрии Лауэ для определенных семейств атомных плоскостей ($10\bar{1}1$), после чего от генератора высокой частоты на пьезокристалл подавались высокочастотные электрические колебания с частотой, совпадающей с резонансной частотой данного кристалла. Затем с помощью низкочастотного генератора модулировались по амплитуде высокочастотные колебания, передаваемые на монокристалл. Под действием модулированных электрических колебаний модулировались и механические колебания пьезокристалла, что приводило к модуляции отраженного синхротронного пучка. Электрические импульсы от приемника излучения (сцинтилляционного счетчика) подавались на многоканальный анализатор и распределение импульсов (фотонов) во времени либо наблюдалось на экране анализатора, либо передавалось на цифropечатающее устройство. Детектор параллельно подключался

также к осциллографу и картина колеблющейся интенсивности (модуляция пучка) наблюдалась прямо на экране осциллографа (рис. 2а, б, в).

На рис. 2а представлена картина распределения интенсивности отраженного СИ во времени в случае, когда на отражающий кристалл внешнее

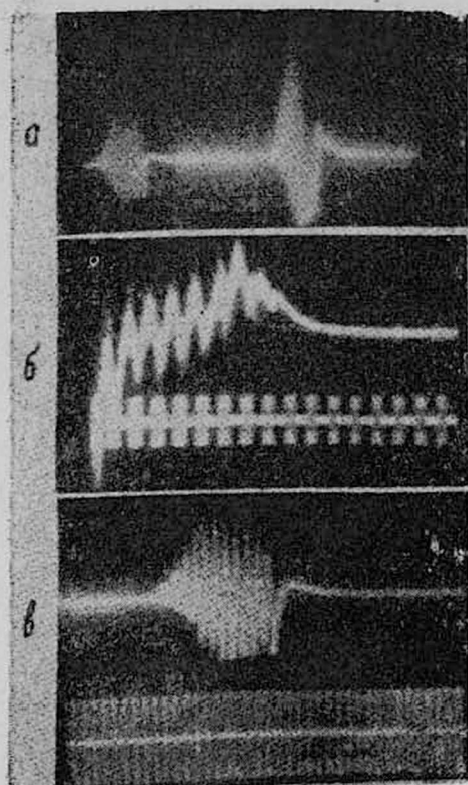


Рис. 2. а) Временная зависимость отраженного рентгеновского излучения при отсутствии внешнего воздействия. Модулированные электрические колебания (снизу) и колебания интенсивности отраженного пучка СИ (сверху) соответственно для частот $\Omega = 1000$ Гц (б) и $\Omega = 2000$ Гц (в).

воздействие не оказывается. Как следует из этого рисунка, распределение не симметрично и длительность его составляет $1/3$ часть общего периода повторения инъекции электронов. Кроме того, видно, что ускоритель дает несимметричные пучки. Поочередно наблюдается сравнительно однородный пучок (на рис. 2а слева) и неоднородный пучок с большим перепадом интенсивности (на рисунке справа). Расстояние между этими пучками составляет примерно 20 мс (или 40 мс, в зависимости от режима работы ускорителя).

На рис. 3 приведены экспериментальные данные зависимости интегрального числа дифрагированных квантов СИ от величины напряжения высокочастотных колебаний на монокристалле кварца. Как видно на этом рисунке, по мере увеличения напряжения U число дифрагированных квантов СИ увеличивается. В процессе исследования явления модуляции были использованы разные толщины кристаллов, которые работали в режиме самогенерации в области частот $\omega = 1,5\text{--}15$ МГц и для разных длин волн СИ $\lambda = 0,4\text{--}1,2$ Å. Во всех случаях наблюдалось увеличение интенсивности дифрагированного излучения.

Результаты экспериментального исследования двойной модуляции СИ высокочастотными и низкочастотными акустическими колебаниями приве-

дены на рис. 2б, в (частоты последних составляли соответственно $\Omega_1 = 1000$ Гц и $\Omega_2 = 2000$ Гц). Как следует из этих рисунков, полностью повторяется картина модуляции интенсивности пучка, полученная при ана-

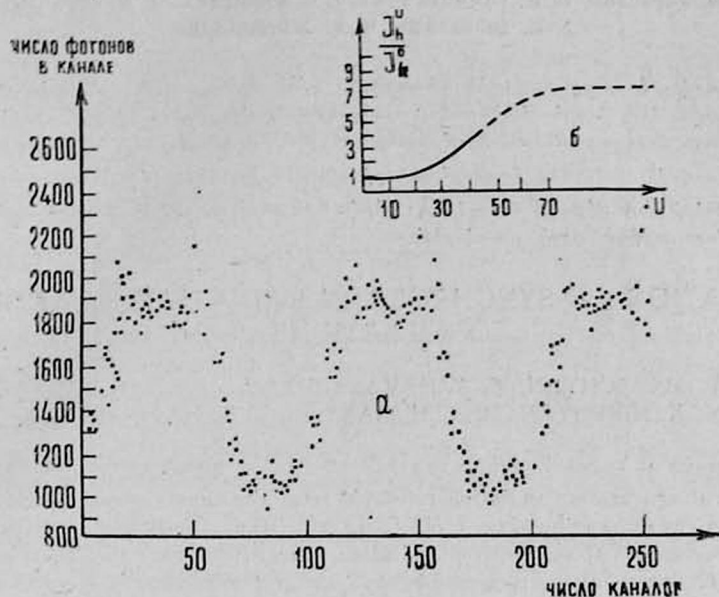


Рис. 3. а) Модуляция пучка в режиме накопления, полученная с помощью многоканального анализатора. б) Зависимость интенсивности дифрагированного пучка от величины электрического напряжения.

логических исследованиях с рентгеновским излучением, т. е. форма распределения числа квантов СИ повторяет форму и период низкочастотных акустических колебаний.

Результаты проведенных исследований указывают на возможность создания одновременно действующих многоканальных монохроматоров или модуляторов для разных значений длин волн (энергии) СИ, отличающихся соответствующими углами Брэгга (рис. 16). Это во много раз повысит эффективность использования дорогостоящих синхротронных пучков больших уникальных машин. Кроме того, наблюдая за характером отраженного синхротронного пучка, можно также варьировать параметры ускоряемых частиц (во время наладки) с целью подбора оптимальных условий работы ускорителей заряженных частиц (электронов, протонов и т. д.).

Авторы благодарят И. П. Карабекова за предоставление возможности проведения экспериментов, Д. Л. Егикяна и Р. А. Микаеляна за помощь в организации эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blume M., Moncton D. E. Phys. Today, March, 68 (1965).
2. Кулипанов Г. Н., Скринский А. Н. УФН, 122, 359 (1977).
3. Синхротронное излучение в исследовании твердых тел. Изд. Мир, М., 1970.
4. Навасардян М. А., Назарян Ю. Р., Мирзоян В. К. Изв. АН АрмССР, Физика 14, 425 (1979).
5. Мкртчян А. Р., Навасардян М. А., Мирзоян В. К. Письма в ЖТФ, 8, 677 (1982).
6. Мкртчян А. Р. и др. Письма в ЖТФ, 9, 1181 (1983).

ՄԻՆԵՐՈՏՐՈՆԱՅԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՄՈԴՈՒԼՅԱՅԻՆ
ԱԿՈՒՍՏԻԿ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ա. Բ. ՄԻՐՏՅԱՆ, Մ. Ա. ՆԱՎԱՍԱՐԴՅԱՆ, Լ. Ա. ԿՈՉԱՐՅԱՆ, Վ. Ղ. ՄԻՐՁՈՅԱՆ,
Հ. Ա. ՀՈՒՆԱՆՅԱՆ, Կ. Տ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ

Իրականացվել է սինքրոտրոնային ճառագայթի փնջի ճանապարհին տեղադրված, Բրեզլի պայմանին բավարարող և պլեզոէլեկտրական տատանումներով զրգոված կլարցի բյուրեղից անդրադարձած փնջի մոդուլացում հաճախությունների 1 Հց մինչև 15 կՀց լայն տիրույթում: Անդրադարձումը կատարվել է (1011) հարթությունների ընտանիքից: Ընդգրկվել է ճառագայթի ալիքի երկարությունների լայն տիրույթ՝ 0,3—1,2 Å: Ընդված են օսցիլոգրաֆի և անալիզատորի էկրանից ստացված մոդուլացված փնջի պատկերները:

MODULATION OF SYNCHROTRON RADIATION BY ACOUSTIC
OSCILLATIONS

A. R. MKRTCHYAN, M. A. NAVASARDYAN, L. A. KOCHARYAN,
V. K. MIRZOYAN, H. A. HUNANYAN, K. T. HAIRAPETYAN

By means of a quartz single crystal excited by piezoelectric oscillations, the modulation of synchrotron radiation reflected from the quartz planes (1011) is realized for frequencies ranging from 1 Hz to 15 kHz when the Bragg condition is satisfied. The wavelength of synchrotron radiation ranged from 0.3 to 1.2 Å. The patterns of modulated beams taken from oscillograph and analyzer screens are shown.