

МОДУЛЯЦИЯ ДИФРАГИРОВАННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В НИЗКОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ С ЦЕЛЬЮ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

М. А. НАВАСАРДЯН, Ю. Р. НАЗАРЯН, В. К. МИРЗОЯН

Произведена низкочастотная модуляция интенсивности дифрагированного рентгеновского пучка и с помощью этого пучка осуществлена передача сигналов с частотой следования до 400 Гц. Это достигается с помощью изменения амплитуды резонансного колебания пьезокристалла, находящегося в лауэ-отражающем положении.

Известно, что интенсивность лауэ-отраженного рентгеновского пучка от высокосовершенного монокристалла может сильно изменяться при введении в объем монокристалла дефектов, т. е. нарушении периодичности идеальной матрицы [1—4]. Интенсивность отраженного пучка может сильно увеличиться [3] при $\mu t \sim 1$, где μ — линейный коэффициент поглощения вещества, t — толщина образца. Увеличение интенсивности дифрагированного пучка можно вызвать также с помощью пьезоколебаний в кристалле [5, 6].

На основе использования последнего обстоятельства в настоящей работе оказалось возможным осуществление низкочастотной модуляции интенсивности дифрагированного рентгеновского пучка и передачи с его помощью сигналов с соответствующей частотой следования.

Понятно, что с помощью модулированного рентгеновского пучка при необходимости можно передавать информацию сквозь экраны, сделанные из материалов, непроницаемых для других видов электромагнитных или акустических волн. С помощью такого пучка можно передавать информацию также на большие расстояния (в космическом пространстве), так как получение узконаправленного пучка рентгеновского излучения не представляет особого труда [7]. Исходя из характера модуляции (добротность, форма модулированного сигнала и т. д.) рентгеновских лучей, можно получить также информацию о внутренней структуре кристалла.

Экспериментальная часть и результаты

Для модуляции дифрагированного рентгеновского пучка с целью передачи сигналов, а также для его регистрации использовалась схема, приведенная на рис. 1. Для установления кристалла в отражающее положение применялся гониометр ГУР-4 с гониометрической головкой ГП-4 (1). Рабочим излучением была K_{α} -линия молибдена ($\lambda = 0,71 \text{ \AA}$). Отражение было получено от атомных плоскостей $(10\bar{1}1)$ (2). В работе использовалась установка УРС-50ИМ (3). В качестве пьезокристаллического элемента использовалась кварцевая пластинка толщиной 2 мм (4) (с резонансной

частотой 2 МГц). На поверхности пластинки, совпадающие с атомной плоскостью (11 $\bar{2}$ 0), были заранее нанесены серебряные электроды (5). Для приведения пьезокристалла в резонансное состояние использовался ультразвуковой генератор марки 2001а (6), колебания которого можно модулировать извне.

Внешняя модуляция осуществлялась генератором синусоидальных сигналов ГЗ-7а (7). Диапазон модулирующей частоты изменялся от 0 до 400 Гц. Для регистрации отраженного рентгеновского излучения (8) использовался сцинтилляционный счетчик (9), выход которого через усилитель подавался к двухлучевому осциллографу С1-17 (10), к которому одновременно подавались модулированные колебания от генератора 2001а.

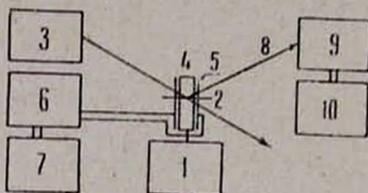


Рис. 1.

Рис. 1. Схематическое расположение приборов и узлов установки, предназначенной для осуществления модуляции и детектирования дифрагированного рентгеновского излучения.

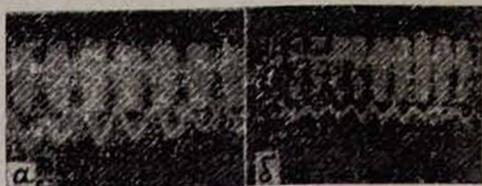


Рис. 2.

Рис. 2. Модулированные электрические колебания (сверху) и колебания интенсивности дифрагированного излучения (снизу); частота модуляции составляла 30 Гц (а) и 100 Гц (б).

После установления кристалла в отражающее положение к его электродам подавались электрические колебания от генератора 2001а, которые заранее были модулированы низкочастотными колебаниями от генератора ГЗ-7а. В случае резонанса увеличивается интенсивность дифрагированного пучка. Увеличение интенсивности зависит от амплитуды пьезоколебаний образца. Максимальное значение амплитуды электрических колебаний в нашем случае было равно 20 В. При такой амплитуде колебаний интенсивность дифрагированного рентгеновского пучка увеличивалась в пять раз. При модуляции резонансных колебаний низкочастотными колебаниями интенсивность отраженного рентгеновского излучения модулируется (изменяется) по такому же низкочастотному закону (см. рис. 2, где а и б соответствуют частотам 30 и 100 Гц).

Ширина диапазона низкочастотной модуляции $\Delta\nu$ зависит от добротности пьезокристалла. Верхний предел этого диапазона (максимальную частоту модуляции) можно выразить через добротность кварцевого резонатора Q с помощью известной формулы [8] $Q = \pi/\delta$, где $\delta = T/\tau$ — логарифмический декремент затухания, T — период собственных колебаний пьезорезонатора ($T = 1/\nu_0$), а τ — время релаксации, т. е. время, за которое амплитуда колебаний уменьшается в e раз. Понятно, что период модулирующего сигнала может быть больше времени релаксации τ или равен

ему, а частота $\nu \leq 1/\tau$, поэтому $\nu = \nu_0/Q$. Образец кварца, использованный нами, обладал добротностью $1,5 \cdot 10^4$, и поэтому максимальная частота модулированного излучения составляла ~ 400 Гц.

В верхней половине рис. 2а и б представлены модулированные колебания на выходе генератора 2001а, а в нижней части изображен характер изменения интенсивности дифрагированного рентгеновского пучка. Картины фотографировались с экрана двухлучевого осциллографа. Как видно из снимков, при изменении частоты модулирующего сигнала изменяется также и частота изменения интенсивности рентгеновского пучка. Из рис. 2 видно также, что верхние и нижние части периодических колебаний смещены друг относительно друга. Это объясняется большой добротностью пьезокристалла. Если взять кристалл с меньшей добротностью, этот сдвиг будет меньше, а диапазон модулирования будет больше.

Аналогичным образом модулируется и проходящий MoK_α -пучок, но он имеет очень малую глубину модуляции. Таким способом можно модулировать интенсивность рентгеновского излучения любого происхождения, а также интенсивность γ -излучения, так как увеличение интенсивности рентгеновского излучения при колеблющемся кристалле наблюдается всегда, когда выполняется условие $\mu t \sim 1$, т. е. такое поведение пучка не зависит от длины волны излучения.

Дифрагированное излучение имело угловое расхождение в $15''$ в горизонтальной плоскости, а в вертикальной плоскости расширение составляло 5° . Если использовать узконаправленные пучки (синхротронное излучение), то вертикальное расширение будет порядка $3-4'$. Расстояние кристалл-детектор определялось размерами комнаты, где помещалась рентгенустановка.

Модулировать рентгеновское излучение можно также при аномальном режиме прохождения, но в этом случае при колебании кристалла происходит не увеличение интенсивности дифрагированных пучков, а наоборот, их уменьшение. Кроме того, интенсивность аномально проходящего пучка очень мала по сравнению с лауэ-отраженным пучком при $\mu t \sim 1$. При использовании кристаллов с малой добротностью можно расширить полосу пропускания модулированных частот и достичь передачи звуковых сигналов с помощью направленного пучка рентгеновского излучения.

Ереванский физический
институт

Поступила 22.VI.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. Прямые методы исследования дефектов в кристаллах. Сб. статей под ред. А. М. Елистратова, Изд. Мир, М., 1965.
2. G. Borrmann, G. Hildebrandt. Z. Phys., 156, 189 (1959).
3. М. А. Навасардян, Р. К. Караханян, П. А. Безирганян. Кристаллография, 15, 235 (1970).
4. М. А. Навасардян, П. А. Безирганян. Изв. АН АрмССР, Физика, 8, 108 (1973).
5. В. И. Авунджян, П. А. Безирганян. Изв. АН АрмССР, Физика, 2, 99, 244 (1967).
6. A. G. Klein et al. Appl. Phys. Lett., 10, 293 (1967).

ԳԻՆՏՐԱԿՑՎԱՍ ԹԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՃԱՌԱԳՄԱՅԹԻ ՄՈԴՈՒԼԱՑՈՒՄԸ
 ԵՎ ՆՐԱ ՄԻՋՈՑՈՎ ՑԱՍԻ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ
 ՀԱԳՈՐԴՄԱՆ ԻՐԱԿԱՆԱՑՈՒՄԸ

Մ. Ա. ՆԱՎԱՍԱՐԴՅԱՆ, Ցու. Հ. ՆԱԶԱՐՅԱՆ, Վ. Գ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ

Փորձական եղանակով ցույց է տրված, որ եթե սեղանանոսային տատանում կատարող պինդբյուրեղին հաղորդիչը էլեկտրական տատանումները մոդուլացվում են ցածր հաճախության էլեկտրական տատանումներով, ապա բյուրեղի կողմից լատեն-անդրադարձած ունեղենյան ճառագայթի ինտենսիվությունը փոփոխվում է նույն այդ ցածր հաճախությամբ: Այդ երեւոյթը կարելի է իրականացնել բարձր կատարելիություն ունեցող պինդբյուրեղի միջոցով, երբ այլալ ալիքի երկարություն ունեցող ճառագայթման համար բյուրեղի կլանման գործակցի և հաստության արտադրյալը մեկին մոտ թիվ է, և բյուրեղը ունի փոքր բարորականություն: Այս եղանակով մոդուլացված ունեղենյան ճառագայթի միջոցով հաջողվել է հաղորդել և ընդունել մինչև 400 Հց հաճախություն ունեցող ազդանշաններ: Մոդուլացնող հաճախության տիրույթը կարելի է ընդլայնել օգտագործելով փոքր բարորակություն ունեցող պինդբյուրեղ: Որպես պինդբյուրեղ օգտագործվել է 2 մմ հաստություն ունեցող X-կարվածքի կվարցը: Անդրադարձումը ստացվել է (1011) հարթությունների ընտանիքից, օգտագործվել է MoK_{α} ճառագայթումը:

MODULATION OF DIFFRACTED X-RAYS IN A LOW-FREQUENCY RANGE WITH A VIEW TO SIGNAL TRANSMISSION

M. A. NAVASARDYAN, Yu. R. NAZARYAN, V. K. MIRZOYAN

A low-frequency modulation of a diffracted X-ray beam intensity was performed. Signals with a pulse repetition rate up to 400 Hz were transmitted by means of the X-ray beam. This was achieved by varying the resonance oscillation amplitude of a piezocrystal in the Laue-reflecting position.