

РЕНТГЕНОВСКИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛА КВАРЦА

Г. Р. ДРМЕЯН, Ф. О. ЭЙРАМДЖЯН

Обсуждаются некоторые экспериментальные тонкости по изготовлению и опробованию рентгеновских интерферометров из монокристалла кварца. Исследовано качество (разрешение) интерференционных картин, полученных от кварцевых интерферометров. Найдены оптимальные технологические условия для изготовления интерферометров из кварца с большим разрешением.

Известно, что достаточно хорошим разрешением обладают только те рентгеновские интерферометры, которые изготовлены из высокосоввершенных (почти бездислокационных) монокристаллов. Как правило, рентгеновские интерферометры изготавливаются из монокристаллов кремния и германия.

Особый интерес представляют интерферометры из кварца. С помощью кварцевых интерферометров можно исследовать, с одной стороны, влияние пьезоэлектрических колебаний на интенсивность рассеяния рентгеновских лучей, а с другой стороны, с помощью интерференционных картин, полученных от этих интерферометров, можно исследовать природу пьезоэлектрических колебаний (стоячих волн) в кристаллах кварца [1]. Однако кварцевыми интерферометрами пользуются очень редко, что, по-видимому, объясняется трудностями выращивания высокосоввершенных монокристаллов кварца и изготовления интерферометров из этих монокристаллов.

В настоящей работе исследовано качество (разрешение) интерференционных картин кварцевых интерферометров в зависимости от технологии их изготовления. В результате этих исследований найдены оптимальные технологические условия для изготовления интерферометров из кварца с большим разрешением. Обсуждаются некоторые экспериментальные тонкости по изготовлению и опробованию рентгеновских интерферометров из монокристалла кварца.

Трудности изготовления кварцевых интерферометров, в основном, заключаются в том, что в процессе изготовления рентгеновских интерферометров (резка, шлифовка) возникают внутренние напряжения, которые вносят определенный вклад в образование рентгеноинтерферометрической картины (муаровых узоров). Например, при резке кристалла возникают напряжения в основании и в блоках интерферометра, которые приводят к относительным поворотам компонентов (блоков) интерферометра. Толщина напряженного слоя составляет $0,020 \div 0,023$ см [2].

При шлифовке поверхностей блоков интерферометра возникают слои (толщины которых зависят от зернистости порошка и давления на кристалл), где разрушена кристаллическая структура образца в этих областях. Например, при шлифовке абразивным порошком М7 (размер зерна — 7 мкм) толщина напряженного слоя составляет 0,18 мкм [2]. Но эти слои

снимаются химической полировкой (травлением). Следовательно, важным процессом механической обработки блоков интерферометра является резка в оптимальном режиме. При изготовлении рентгеновского интерферометра из монокристалла кварца учитывались следующие обстоятельства:

а) входная плоскость интерферометра должна быть перпендикулярной к оси роста кристалла $[0001]$, т. е. осевые дислокации должны быть перпендикулярными к входной поверхности блока интерферометра, чтобы размеры дислокаций были минимальными в плоскости дифракции рентгеновских лучей;

б) с боковой геометрической поверхностью интерферометра должны совпадать те атомные плоскости, которые при испытании интерферометра должны стать рабочими плоскостями;

в) толщины блоков интерферометра должны быть такими, чтобы проходящие и дифрагированные (отраженные) пучки (волны) имели почти одинаковые интенсивности (амплитуды);

г) если контрасты топографических картин от кристаллов (например, кремния или германия) при нормальном (метод Ланга) и аномальном (метод Бормана) прохождении рентгеновских лучей не так уж сильно отличаются, то для реального монокристалла кварца это отличие является существенным;

д) кварц трудно подвергается механической и химической обработкам (по сравнению с кремнием или германием), вследствие чего при изготовлении интерферометра возникают добавочные напряжения как в основании, так и в блоках интерферометра.

Нами были изготовлены четыре варианта рентгеновских интерферометров по Лауэ, схема и ориентации которых приведены на рис. 1 и в таблице.

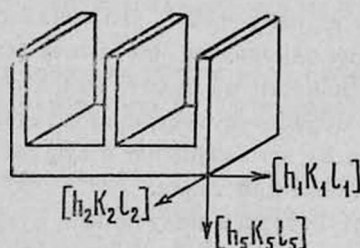


Рис. 1. Рентгеновский интерферометр по Лауэ.

Таблица

№	$h_1k_1l_1$	$h_2k_2l_2$	$h_5k_5l_5$	Время травления (в час)
1	(0001)	(11 $\bar{2}$ 0)	(10 $\bar{1}$ 0)	2
2	(0001)	(10 $\bar{1}$ 0)	(11 $\bar{2}$ 0)	2
3	—	(10 $\bar{1}$ 1)	(11 $\bar{2}$ 0)	7
4	(11 $\bar{2}$ 0)	(10 $\bar{1}$ 0)	(0001)	30

До изготовления интерферометра снимались топограммы от кристаллического образца. Вырезалась пластинка толщиной 0,8 мм, и после шлифовки и химической полировки была снята топограмма, приведенная на рис. 2. Из топограммы видно, что монокристалл кварца имеет дислокации (плотность которых — порядка 20 см^{-2}). Из этого куска монокристалла кварца были изготовлены вышеуказанные четыре интерферометра.



Рис. 2. Топограмма от кристалла кварца ($\times 8$).

На рис. 3 показаны муаровые узоры, полученные от интерферометра № 1 (см. таблицу). Как видно из конфигураций этих узоров, полученная картина соответствует поворотному муару (относительные повороты лежат в пределах $0,145 + 0,267$ угловых секунд). От остальных интерферометров муаровые картины не получились, что понятно, так как интенсивности в выходящих пучках не однородны по высоте (см. рис. 4). Полученные неоднородности интенсивности по высоте пучка объясняются тем, что при резке и механической обработке внутри кристалла возникают грубые нарушения, и полученная от него картина, в сущности, является рентгенодефектоскопической картиной кристалла.

Интерферометр, от которого получились муаровые картины, был вырезан с применением керосина для охлаждения кристалла, в то время, как при резке остальных интерферометров использовалась вода. Ориентации кристаллов при изготовлении интерферометров производились на дифрактометре общего назначения (ДРОН-1) с точностью 18 угловых секунд, резка проводилась на камнерезном станке типа К-4 с частотой оборотов алмазного круга 5950 мин^{-1} и с подачей кристалла $1,2 \text{ мм/мин}$. Механическая шлифовка делалась порошком кадмия (М20), а химическая полировка — кислотой HF (при температуре 85°C). Эксперименты проводились на рентгеновской установке УРС-2 на дифракционной камере со сканирующим устройством (камера Ланга-Миускова) с длиной коллиматора 370 мм, рентгеновской трубкой БСВ-11 (точечный фокус) при режиме работы 30 кВ, 20 мА. Экспозиция составляла 4 часа.

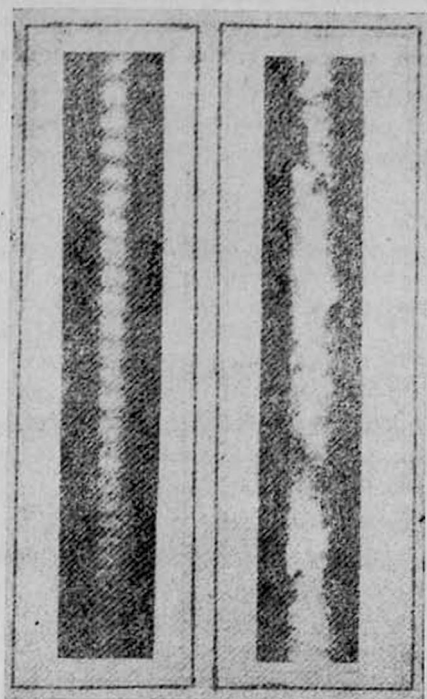


Рис. 3.

Рис. 4.

Рис. 3. Муаровые узоры, полученные от интерферометра с отражением $[1120]$.

Рис. 4. Рефлексы, полученные от интерферометра, не дающего муаровых узоров.

На основе наших экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Для изготовления интерферометра надо выбрать подходящий материал, т. е. монокристалл должен быть почти бездислокационным (плотность дислокаций должна быть меньше 10 см^{-2}).

2. Исходя из стереографической проекции монокристалла кварца надо выбрать такие рабочие (отражающие) плоскости, которые составляют с осью роста кристалла минимальный угол (угол между осевыми дислокациями и входной плоскостью интерферометра должен быть близок к 90°) и имеют большие коэффициенты отражения. Такими плоскостями для монокристалла кварца являются $(11\bar{2}0)$ и $(10\bar{1}0)$.

3. При механической обработке кристалла кварца применяются такие жидкости, у которых: а) большая теплоемкость и большая теплопроводность, б) хорошая смачивающая способность, в) низкая вязкость, г) хорошая смазывающая способность. Такой жидкостью является чистый керосин, несмотря на то, что его теплопроводность в четыре раза меньше, чем у воды, но у керосина низкое поверхностное напряжение (хорошая смачиваемость).

4. Учитывая низкосимметричность сингонии кварца (по сравнению с кремнием и германием), толщины блоков интерферометра надо выбрать экспериментально таким образом, чтобы интенсивности проходящей и дифрагированной волн были одинаковыми.

Авторы выражают глубокую благодарность проф. П. А. Безирганяну за ценные советы и обсуждение результатов.

Армянский пединститут

им. Х. Абовяна

Ереванский государственный
университет

Поступила 23.VI.1977

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Авунджян, П. А. Безирганян. Изв. АН АрмССР, Физика, 11, 56 (1976).
2. А. Г. Смагин, М. И. Ярославский. Пьезоэлектричество кварца и кварцевые резонаторы, Изд. Энергия, М., 1970.

ՌԵՏԳՆԵՅԱՆ ԻՆՏԵՐՖԵՐՈՄԵՏՐ ԿՎԱՐՑԻ ՄԻԱՔՅՈՒՐԵՂԻՑ

Հ. Ռ. ԴՐՄԵՅԱՆ, Ֆ. Հ. ԷՅՐԱՄԶՅԱՆ

Աշխատանքում քննարկվում են մի քանի փորձարարական նրբություններ կվարցի միաբյուրեղից պատրաստված ինտերֆերոմետրերի ինտերֆերենցիոն պատկերների որակի (լուծելիության) վերաբերյալ: Այս ուսումնասիրությունների արդյունքներից որոշվել են կվարցի միաբյուրեղից մեծ լուծող ուժով ինտերֆերոմետրի պատրաստման օպտիմալ տեխնոլոգիական պայմանները:

X-RAY INTERFEROMETERS IN QUARTZ MONOCRYSTALS

H. R. DRMEYAN, F. H. EJRAMDZHYAN

Some experimental details of preparation and testing of X-ray interferometers in quartz crystal are given. The quality of an interference pattern obtained with the quartz interferometre is studied. As a result, the optimal technological conditions for the preparation of high resolution quartz interferometers are determined.