

Физика

УДК 548.73

Ս. Ա. ԲԵԶԻՐԳԱՆՅԱՆ, Կ. Ն. ԲԵԶԻՐԳԱՆՅԱՆ,
Լ. Գ. ԴԱՍՊԱՅԱՆ, Վ. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСОВЕРШЕНСТВ РЕНТГЕНОВСКИХ
ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ
РАЗНОТОЛЩИННЫХ КРИСТАЛЛОВ**

Исследована интерференционная картина, полученная от рентгеновских интерферометров с разнотолщинными зеркальными блоками и показано, что они имеют форму V-образных полос при наличии поворотов атомных плоскостей. Показано также, что к поворотам отражающих плоскостей более чувствителен блок-расщепитель.

Интерференционные картины, полученные от рентгеновских интерферометров, как правило, очень сложны, что обусловлено их чрезвычайной большой чувствительностью ко всяким структурным нарушениям кристаллов системы. В общем случае однозначная интерпретация рентгеноинтерферометрических картин—сложная задача. Поэтому исследование влияния различных структурных и ориентационных нарушений на интерференционные картины, полученные от различных типов интерферометров, является актуальной задачей кристаллофизики и материаловедения [1—3].

Дифракция рентгеновских лучей в интерферометрических системах, состоящих из разнотолщинных частей зеркального блока, достаточно подробно исследована в работе [4]. В этой работе показано, что в таких системах получают интерференционные картины, содержащие V-образные полосы, которые обусловлены поворотами отражающих плоскостей при наличии разнотолщинности между частями зеркальной системы.

В настоящей работе экспериментально исследована зависимость интерференционных картин, полученных в интерферометрах, от поворотов отражающих плоскостей различных блоков при наличии разнотолщинности между ними. Одновременно исследована чувствительность интерферометра к поворотам отражающих плоскостей (к внешним воздействиям) различных блоков.

Для этих исследований из кремниевых бездислокационных кристаллов были изготовлены трехблочные и четырехблочные ЛЛЛ интерферометры с отражающими плоскостями (220) для MoK-излучения. Общие виды этих интерферометров показаны на рис. 1 и 2 соответственно. В работе [4] показано, что как от трехблочного, так и от четырехблочного ЛЛЛ интерферометров получались интерференционные картины, полосы которых имели V-образный вид и были идентичны маятниковым полосам—эти V-образные полосы не являются следствием маятникового решения, они являются результатом поворотов отража-

ющих плоскостей при наличии разнотолщинности между частями зеркальной системы.

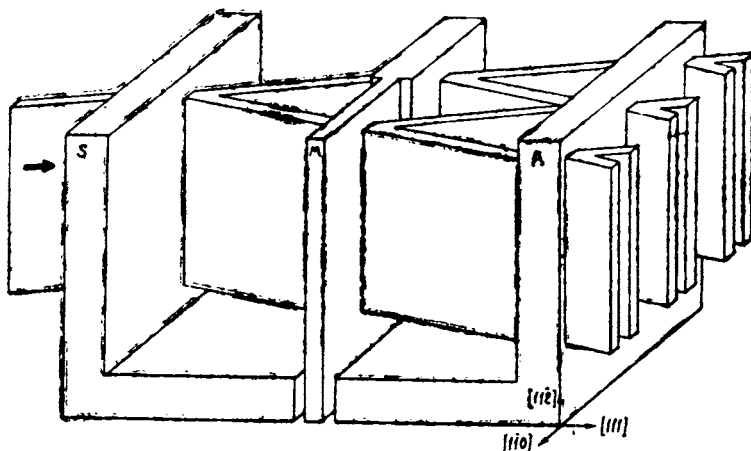


Рис. 1. Общий вид симметричного ЛЛЛ интерферометра со ступенчатыми зеркальными блоками.

Здесь исследовано преобразование V-образных полос под действием различных вращательных моментов, приложенных к различным блокам интерферометра.

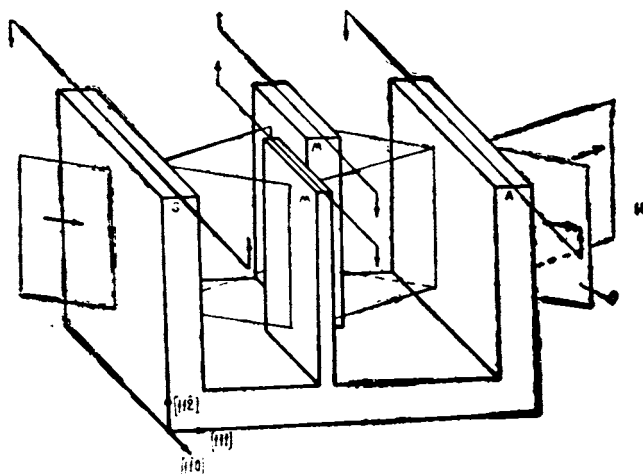


Рис. 2. Общий вид симметричного ЛЛЛ интерферометра со смещенными зеркальными блоками.

§ 1. Чувствительность четырехблочного интерферометра к вращательным моментам, приложенным к различным блокам. Были приложены вращательные моменты к блокам I—IV по часовой стрелке (ч) и против часовой стрелки (п) (если смотреть со стороны падающего пучка).

1. Рентгенограммы, снятые под действием моментов $0.8 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$; $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$; $2 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$ и $4 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$ (рис. 3а—д), приложенных к тонкой части зеркальной системы M_1 в направлении по часовой стрелке, показывают, что уже при вращательном моменте $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$ V-образные фигуры стягиваются в вертикальные линии (см. рис. 3в), а при моменте $2 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$ —их вершины принимают противоположные направления (рис. 3г). При дальнейшем увеличении вращательного момента

по часовой стрелке период полос уменьшается (рис. 3д). Приложение момента против часовой стрелки приводило только к уменьшению периода V-образных фигур (рис. 3е, ж).

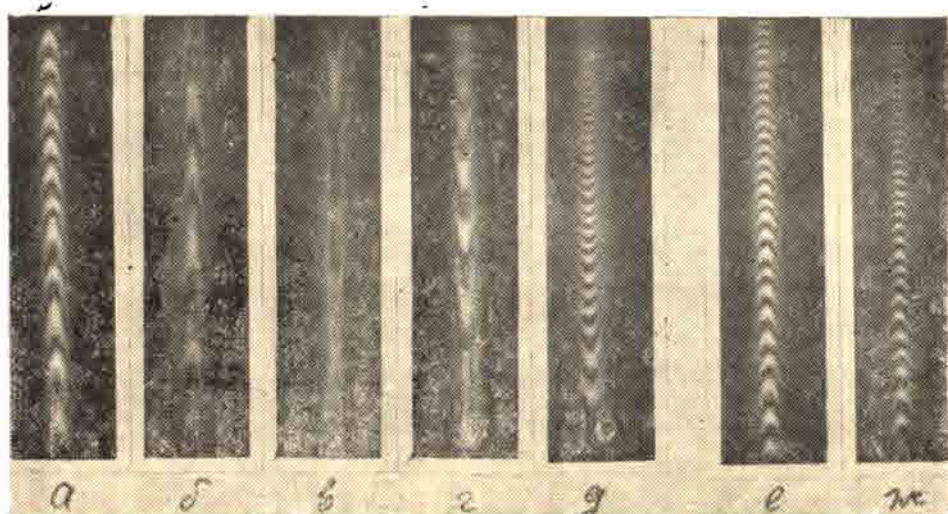


Рис. 3. Интерферограммы, полученные от симметричного ЛЛЛ интерферометра при различных значениях вращательного момента, приложенных к блоку M_1 .

2. Рентгенограммы, полученные приложением вращательных моментов к толстой части зеркального блока M (рис. 4а—е), показывают, что наложение момента по часовой стрелке при его величине $8 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$ приводит к обращению вершин V-образных фигур (рис. 4в). Приложение же момента в направлении против часовой стрелки не приводит к инверсии V-образных фигур, а только уменьшает их период (рис. 4д, е). Рассматриваемый случай отличается от предыдущего тем, что инверсия V-образных фигур происходит при более больших момен-

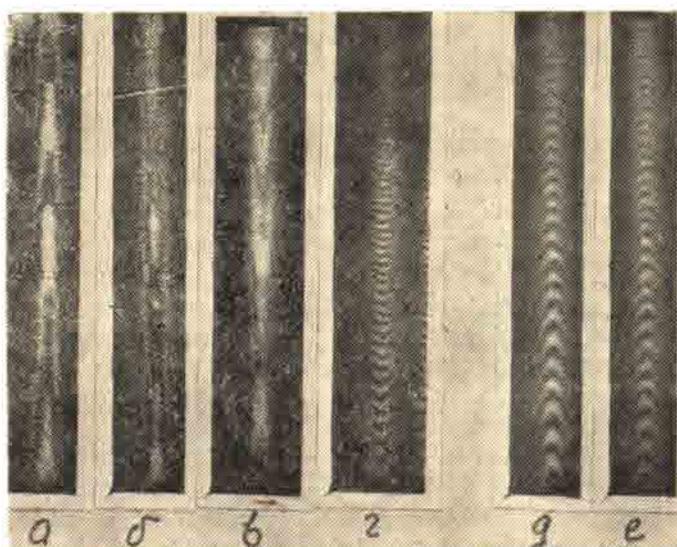


Рис. 4. Интерферограммы, полученные от симметричного ЛЛЛ интерферометра при различных значениях вращательного момента, приложенных к блоку M_{11} .

тах, что, видимо, обусловлено большой толщиной зеркального блока M_1 . В области инверсии как в этом, так и в предыдущем случаях (т. е. при воздействии на зеркальные блоки M_1 и M_2) образуются два семейства V-образных фигур, вершины которых обращены друг к другу.

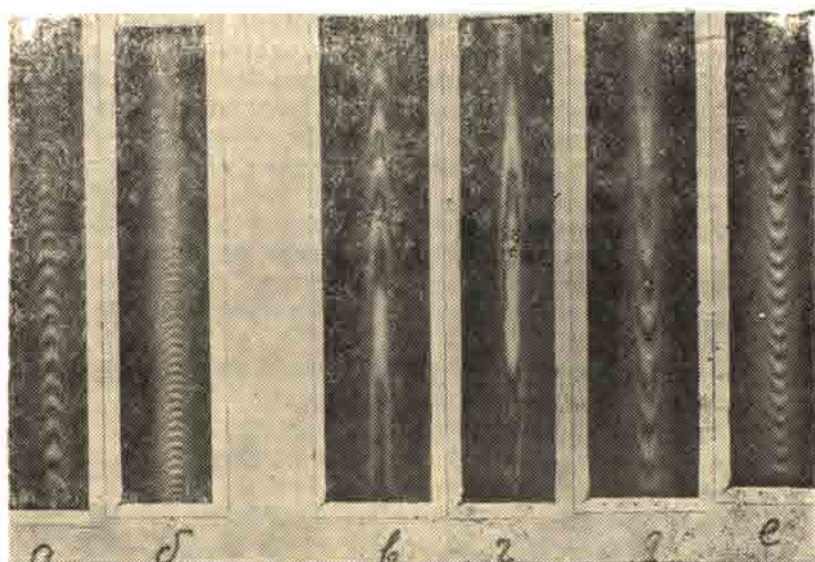


Рис. 5. Интерферограммы, полученные от симметричного ЛЛЛ интерферометра при различных значениях вращательного момента, приложенных к блоку расщепителю S.

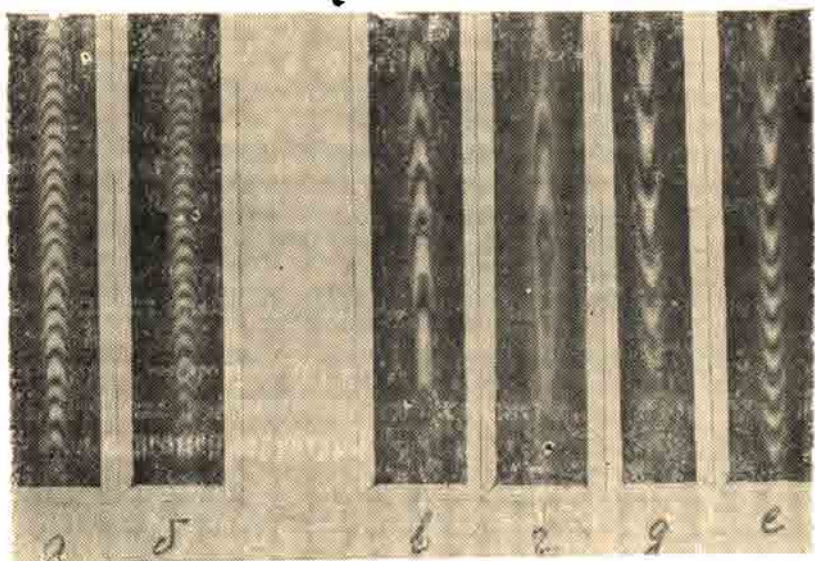


Рис. 6. Интерферограммы, полученные от симметричного ЛЛЛ интерферометра при различных значениях вращательного момента, приложенных к блоку-расщепителю S.

3. Рентгенограммы, полученные наложением вращательных моментов к блоку-анализатору (рис. 5а—е), показывают, что теперь к инверсии приводят вращательные моменты не по часовой стрелке, а против нее. Вращательные моменты по часовой стрелке приводят к

уменьшению периодов (рис. 5а, б), а моменты против часовой стрелки приводят к инверсии полос (рис. 5 в—е), причем при моменте $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$ (рис. 5г) V-образные полосы растягиваются и образуют два семейства V-образных полос, вершины которых обращены в противоположные стороны.

4. Рентгенограммы, полученные наложением вращательных моментов к блоку-расщепителю (рис. 6а—е), показывают, что результаты, аналогичные результатам, полученным при наложении моментов на анализатор (предыдущий случай), т. е. при моментах по часовой стрелке, только уменьшает период полос (рис. 6а, б), а при моментах против часовой стрелки ($2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$) происходит обращение вершин V-образных фигур (рис. 6 в—е).

Из сравнений вращательных моментов видно, что для расщепителя инверсия полос происходит при вращательном моменте $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$, а для анализатора инверсия полос происходит при моменте $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$. Сравнение данных показывает, что к поворотам более чувствителен блок-расщепитель (S).

§ 2. Чувствительность трехблочного интерферометра к вращательным моментам, приложенным к его различным блокам. Вращательные моменты были приложены также к блокам трехблочного интерферометра (рис. 2), зеркальный блок которого ступенчатый.

1. Рентгенограммы, полученные от трехблочного интерферометра наложением вращательных моментов на зеркальный блок по направлению часовой стрелки, показывают, что эти моменты приводят к обращению вершин V-образных полос. По мере увеличения приложенного момента сначала V-образные полосы растягиваются, потом обращаются, а с дальнейшим увеличением момента их периоды уменьшаются. Приложение же момента против часовой стрелки приводило только к уменьшению периода V-образных полос.

2. Рентгенограммы, полученные от трехблочных интерферометров типа, показанного на рис. 2, когда на расщепительный и анализаторный блоки наложены по и против часовой стрелки вращательные моменты, вполне аналогичны рентгенограммам (рис. 5 и 6), полученным от четырехблочного интерферометра.

§ 3. Обсуждение результатов и выводы. Из полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие основные выводы:

1. V-образные полосы возникают в результате поворотов отражающих плоскостей любого из блоков трехкристального и четырехкристального интерферометров при наличии разнотолщинности между частями зеркального блока трехкристального интерферометра и между блоками зеркальной системы четырехблочного интерферометра. Независимость образования V-образных фигур от разнотолщинности между расщепителем и анализатором объясняется тем, что разность фаз между волнами, налагающимися на поверхности анализатора (блока А), образуется в интерферометрах между точками выхода F_1 первого кристалла и входа F_2 последнего кристалла (рис. 7). Поэтому в образовании разности фаз между волнами, налагающимися друг на друга в точке F_2 , существенную роль играет разность толщин зеркальных блоков M_1 и M_2 .

2. В исследованных нами трехкристальных и четырехкристальных интерферометрах отражающие плоскости зеркальных блоков оказались повернутыми против часовой стрелки относительно отражающих плоскостей анализатора (А) и расщепителя (S). Поэтому повороты отражающих плоскостей зеркальных блоков этих интерферометров по часовой стрелке сначала привели к исчезновению V-образных фигур, а потом к появлению новых фигур с обратными направлениями вершин (рис. 3д, 4г). Доказательством наличия поворотов отражающих плос-

костей зеркальных блоков относительно отражающих плоскостей расщепителя (S) и анализатора (A) является и то, что повороты отражающих плоскостей последних блоков по часовой стрелке привели к эффектам, полученным при поворотах отражающих плоскостей зеркальных блоков против часовой стрелки и наоборот (см. 3, 5).

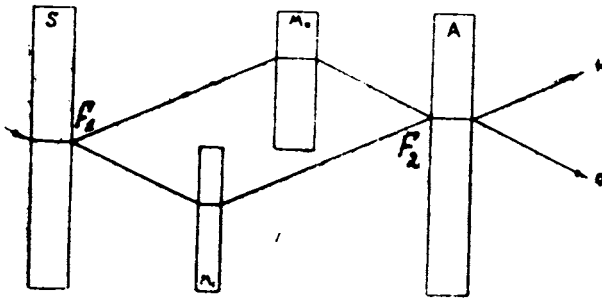


Рис. 7. Ход лучей в интерферометре со смещенными зеркальными блоками.

3. Направление вершин V-образных фигур зависит от знака разнотолщинности между частями зеркального блока трехблочного интерферометра и между блоками зеркальной системы четырехблочного интерферометра, а также от направления относительного вращения отражающих плоскостей.

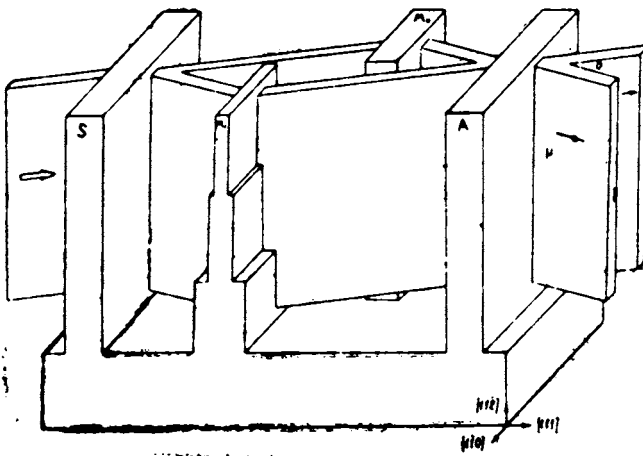


Рис. 8. ЛЛЛ интерферометр со ступенчатым зеркальным блоком M_1 и его интерферограмма.

Для того чтобы убедиться в правильности этих выводов, был изготовлен четырехблочный интерферометр, один из зеркальных блоков которого был ступенчатым (рис. 8а), толстая часть которого была толще, а тонкие части—тоньше, чем у другого зеркального блока. Как видно из рис. 8б, с изменением знака разнотолщинности зеркальных блоков меняются направления вершин V-образных фигур. Между тем, при падении первичной волны со стороны блока анализатора (A) направление вершин V-образных фигур не меняется, так как в этих случаях одновременно меняются и знаки разнотолщинности блоков зеркальной системы и направления поворотов отражающих плоскостей.

4. При повороте атомных плоскостей зеркальных блоков в области

инверсии получаются два семейства V-образных полос, вершинами обращенных друг к другу (рис. 3в, 4в), а при вращении атомных плоскостей анализатора или расщепителя в области инверсии вершины V-образных полос обращены друг против друга (рис. 5г, 6г). Фактически в первом случае вызывали вращение атомных плоскостей зеркальных блоков относительно атомных плоскостей анализатора и расщепителя, а во втором—атомные плоскости анализатора и расщепителя вращались относительно атомных плоскостей зеркальных блоков. Из постановки задачи уже видно, что для того чтобы в расположении атомных плоскостей изменений не было, необходимо атомные плоскости расщепителя и анализатора вращать в направлении, противоположном направлению вращения атомных плоскостей зеркальных блоков. Противоположность направлений вращения атомных плоскостей блоков анализатора и расщепителя и зеркальных блоков приводит к тому, что в одном случае инверсия полос начинается сверху (рис. 3, 4), а в другом — снизу (рис. 5, 6).

Кафедра ФТТ

Поступила 18.07.1987

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Bonse U., Hart M.** An X-ray interferometer with long separated interfering beam paths.—J. Appl. physics letters, 1965, v. 7, p. 99.
2. **Bonse U., Hart M.** Principles and design of Laue-case X-ray interferometers.— J. Zeitschrift für physik, 1966, v. 188, p. 154.
3. **Bons U., Hart M.** Moire patterns of atomic planes obtained by X-ray interferometry.— J. Zeitschrift für physik, 1965, v. 190, p. 455.
4. **Bezirganyan P. H., Gasparyan L. G., Truny K. G., Mkrtchyan V. P.** X-ray diffraction in interferometric systems consisting of different thickness crystalline blocks.— J. Phys. status solidi. Berlin, 1987.

Ա մ փ ո փ ու մ

Հետազոտված են տարբեր հաստությունների հայելային թիթեղներից բաղկացած ռենտգենյան ինտերֆերոմետրերից ստացվող ինտերֆերենցիոն պատկերները և ցույց է տրված, որ ինտերֆերենցիոն շերտերն ունեն V-աձև գծերի տեսք ատոմական հարթությունների պտույտի առկայության դեպքում: Ցույց է տրված նաև, որ ատոմական հարթությունների պտույտների նկատմամբ ավելի զգայուն է ինտերֆերոմետրի պառակտիչ բլոկը:

S U M M A R Y

Interferometric patterns obtained by X-ray interferometer with mirror blocks of different thicknesses are studied. It is shown that they have V-like fringes shape in the presence of atomic planes rotations. It is also shown that the splitting block is more sensitive to reflecting planes rotations.