

УДК 539.22.082.79

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕНТГЕНОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ

© 2023 г. Г. Р. Дрмеян^{a, b, *}, М. С. Василян^a

^aИнститут прикладных проблем физики Национальной академии наук Республики Армения,
Ереван, 0014 Республика Армения

^bШиракский государственный университет им. М. Налбандяна,
Гюмри, область Ширак, 3126 Республика Армения

*e-mail: drm-henrik@mail.ru

Поступила в редакцию 21.01.2023 г.

После доработки 22.02.2023 г.

Принята к публикации 22.02.2023 г.

Разработано, изготовлено и протестировано универсальное устройство для рентгеноинтерферометрического исследования структурных несовершенств в монокристаллах. Устройство может служить как для нанесения царапин на поверхности кристаллического блока интерферометра, так и для его изгиба. Предложена также технология для генерации дислокации в блоке интерферометра. Экспериментально доказано, что муаровые топографические картины, полученные с помощью двукратного рентгеновского интерферометра, зависят от ориентации отражающих плоскостей относительно дефекта (дислокации). Показано, что кратные интерферометры позволяют одновременно наблюдать изображения различных структурных несовершенств. Полученные результаты дают возможность судить о пространственной ориентации дефектов и распределении полей напряжений, вызванных этими дефектами, т.е. поля напряжений можно визуализировать в виде муаровых картин рентгеновских лучей. Результаты, полученные в работе, могут положить основу для решения обратной задачи, а именно восстановления полей механических напряжений в кристаллических блоках интерферометра с помощью расшифровки муаровых картин.

Ключевые слова: кратный интерферометр, муаровая топограмма, изгиб кристаллического блока, структурные дефекты, царапина, генерация дислокаций, деформационное поле.

DOI: 10.31857/S1028096023090030, EDN: ZLSYPX

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет проблема дефектообразования и влияния дефектов на физико-механические свойства материалов является одной из центральных проблем как для материаловедения, так и для физики конденсированных сред. Важнейшим достижением для решения этой проблемы следует считать создание рентгеновских интерферометров, применяемых для исследования структурных дефектов кристаллов неразрушающим способом. Высокая чувствительность муаровых картин к искажениям атомных плоскостей имеет большое значение для изучения дефектной структуры кристаллов [1–5]. Интерференционные картины, полученные с помощью интерферометров, называются муаровыми картинами, муаровыми узорами, муаровыми полосами или просто муарами. С помощью муаровых картин визуализируют дефекты, а методом рентгеноинтерферометрического муара определяют

количественные характеристики структурных нарушений совершенных кристаллов [6–9].

Очевидно, что муаровые картины существенно зависят от ориентации структурных дефектов относительно отражающих плоскостей, т.е. картины, полученные с помощью одного и того же интерферометра при использовании различных семейств атомных плоскостей, в общем случае должны отличаться друг от друга. Так как муаровые картины представляют собой интерференционные полосы, вызванные полем деформаций, которые обусловлены искажениями кристаллической решетки, они дают возможность судить об этих нарушениях. Действительно, как известно [10–12], дифракционные изображения фактически являются картинками таких дефектов (или их частей), которые приводят к смещениям в направлении нормалей к отражающим плоскостям. Другими словами, рентгеновские рефлексы “реагируют” на структурные дефекты только в том

случае, когда деформационные сдвиги атомов, вызванные этими дефектами, перпендикулярны атомным плоскостям, от которых в данный момент отражаются рентгеновские лучи.

Существуют различные рентгеноинтерферометрические способы исследования несовершенств кристаллов [13–17], однако во всех этих исследованиях использованы одинарные интерферометры, т.е. одно семейство отражающих плоскостей. Очевидно, что интерферограммы, полученные от одного семейства отражающих плоскостей, не дают полной картины несовершенств исследуемых кристаллов. Поэтому для более полного описания деформированного состояния кристаллов необходимо получить дефектограмму одного и того же кристалла с помощью хотя бы двух или трех семейств отражающих плоскостей с различной ориентацией. Если же блоки двукратного интерферометра содержат дефекты, ориентация которых относительно отражающих плоскостей разных семейств интерферометра различна, то интерференционные картины будут отличаться. Это даст возможность судить о пространственной ориентации дефектов и распределении деформаций, вызванных этими дефектами.

Казалось бы, этот сверхчувствительный метод с большим успехом может быть применен для исследования малых структурных несовершенств (нарушений) почти идеальных кристаллов. Однако применение рентгеновских дифракционных муаровых картин для исследования структурных нарушений кристаллов сильно ограничивается из-за трудностей однозначной расшифровки этих картин, т.е. однозначного определения месторасположения деформированного участка.

Ясно, что однозначная интерпретация изображения дефектов значительно облегчается, когда рентгенограммы получены в результате отражения от семейств симметрично-эквивалентных плоскостей, т.е. с помощью кратных интерферометров, где кратность интерферометра определяется числом семейств отражающих плоскостей, которые применяются при исследовании одного и того же дефекта в кристаллических блоках интерферометра.

В [18] впервые проводили исследования несовершенств кристаллов с применением двукратного интерферометра, где авторы ограничились получением муаровых топограмм с использованием разных семейств отражающих плоскостей и, несмотря на низкий контраст картин, экспериментально показали, что картины, полученные от одного и того же интерферометра, но с применением разных семейств отражающих плоскостей, совершенно не похожи друг на друга.

Итак, возникает острая необходимость разработки метода рентгеновской дифракционной стереометрической интерферографии, которая не

только повышает эффективность интерферометрических исследований несовершенств кристаллов, но и облегчает расшифровку дифракционных картин. С этой целью в настоящей работе приводятся результаты рентгеноинтерферометрических исследований несовершенств кристаллов с применением двукратного трехблочного интерферометра и разработанные схемы соответствующих экспериментов для применения таких интерферометров.

Так как рентгеновская муаровая картина является совокупностью изофазных линий и обусловлена установившимися структурными нарушениями в блоках интерферометра, при внесении в один из блоков интерферометра дефекта определенного типа (например, дислокации) появляется неоднородный фазовый сдвиг между наложенными волнами на входной поверхности анализатора, что приведет к изменению муаровой картины. Этот эффект имеет место также и тогда, когда в кристалле есть дефекты или дислокации, зарождающиеся в результате разных внешних воздействий.

Таким образом, метод рентгенодифракционного муара является довольно тонким и точным методом определения количественных характеристик структурных нарушений совершенных кристаллов, обусловленных различными внешними воздействиями. Поэтому дальнейшие более детальные рентгеноинтерферометрические исследования структурных несовершенств кристаллов, вызванных различными внешними воздействиями, являются актуальной задачей физики конденсированных сред.

Исследованию влияния различных видов внешних воздействий на структуру кристаллов рентгеноинтерферометрическими методами посвящен ряд работ [19–23]. Очевидно, что эти исследования с помощью анализа изменений интерференционных полос будут более эффективными, если полосы будут получены до и после таких воздействий. В частности, при исследовании структурных дефектов (например, дислокаций в кристаллическом блоке интерферометра), вызванных механическими напряжениями, необходимо иметь картину до и после внесения дислокаций.

Однако это требует использования специальных устройств и разработки специальных технологий для внесения дислокаций в блоки интерферометра, например, устройства для нанесения царапин на поверхность кристаллических блоков интерферометра и их изгиба. С этой целью разработаны, изготовлены и опробованы специальные устройства и разработана методика генерирования дислокаций в монокристаллических блоках интерферометра, которые имеют очень важное и практическое значение в области исследования структурных дефектов.

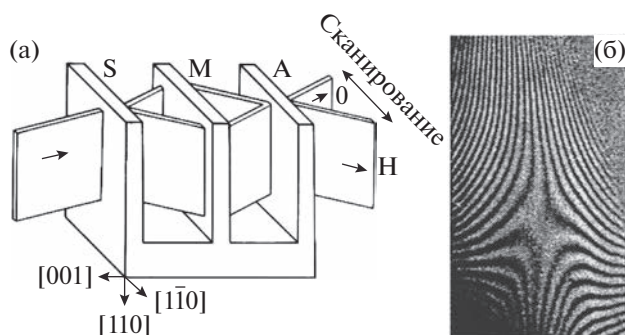


Рис. 1. Схема интерферометра и хода лучей в нем (а): S — блок-расширитель; М — зеркальный блок; А — блок-анализатор; О и Н — проходящие и отраженные пучки соответственно. Муаровая топограмма при отражении 220 (б).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для экспериментальных исследований зависимости изображения несовершенств в блоке интерферометра от ориентации отражающих плоскостей был изготовлен специальный интерферометр (рис. 1а), с помощью которого получены муаровые картины отражающих плоскостей (110) и $(1\bar{1}0)$. Как видно из рисунка, плоскости (110) перпендикулярны большим поверхностям интерферометра и параллельны его основанию, а плоскости $(1\bar{1}0)$ перпендикулярны как большим поверхностям, так и основанию.

Все экспериментальные исследования были проведены на кремниевых образцах, относящихся к кубической сингонии, где угол между симметрично-эквивалентными плоскостями (110) и $(1\bar{1}0)$ равен 90° . Для этого был изготовлен трехкристальный двукратный интерферометр из кремния с такими отражающими плоскостями, так как это удобное сочетание для двукратного интерферометра. Муаровая топографическая картина, полученная с помощью этого интерферометра и плоскости $(1\bar{1}0)$ с использованием второго порядка отражения, приведена на рис. 1б.

Вначале снимали муаровую топограмму для отражения $2\bar{2}0$ (рис. 1б), а для отражения 220 интерферометр поворачивали относительно оси [001] на 90° , муаровая картина при этом исчезала. Для преодоления этой проблемы был предложен новый способ интерферометрии: рентгенодифракционная камера для рентгенографирования дефектов в кристалле (КРС) [24] поворачивалась относительно оси [001] на 90° , а интерферометр поворачивался в противоположном направлении на тот же угол (рис. 2). Тогда блоки интерферометра остаются вертикальными, но повернуты относительно пучка на 90° , и если при отражении $2\bar{2}0$ направление сканирования было горизон-

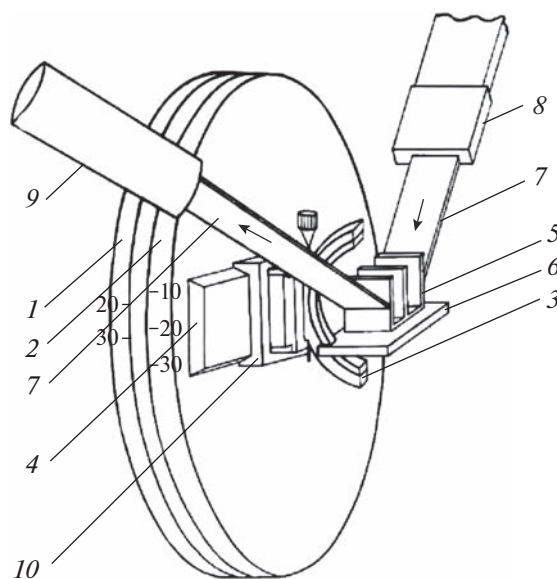


Рис. 2. Схема эксперимента для получения муаровых топограмм с использованием отражения 220: 1, 2 — лимбы рентгенодифракционной камеры КРС; 3 — гониометрическая головка; 4 — держатель гониометрической головки; 5 — интерферометр; 6 — столик; 7 — рентгеновский пучок; 8 — коллиматор; 9 — детектор; 10 — подставка для гониометрической головки.

тальным (рис. 1а), то при отражении 220 оно оказывается вертикальным (рис. 3а). При таком расположении камеры с интерферометром получали муаровую топограмму, которая показана на рис. 3б (муаровые топограммы (рис. 1б, 3б) снимали при сканировании интерферометра).

Для экспериментальных исследований структурных дефектов, вызванных механическими напряжениями, был разработан и изготовлен обычный трехблочный интерферометр из высокосовершенного монокристалла кремния с толщиной каждого блока приблизительно 0.8 мм. После изготовления были проведены рентгеновские исследования несовершенств блоков интерферометра с использованием излучения $\text{CuK}_{\alpha 1}$ и получены соответствующие муаровые топограммы. Затем были введены дислокации в блок-анализатор интерферометра. Источником для генерации дислокаций служила царапина, нанесенная на поверхность кристаллического блока. Для получения однородных по глубине царапин было разработано и изготовлено специальное устройство (рис. 4), так как плотность и распределение генерируемых дислокаций зависят от степени однородности царапин. После нанесения царапины кристаллический блок интерферометра подвергался механическому нагружению при температуре $600\text{--}700^\circ\text{C}$ путем четырехопорного изгиба (рис. 5).

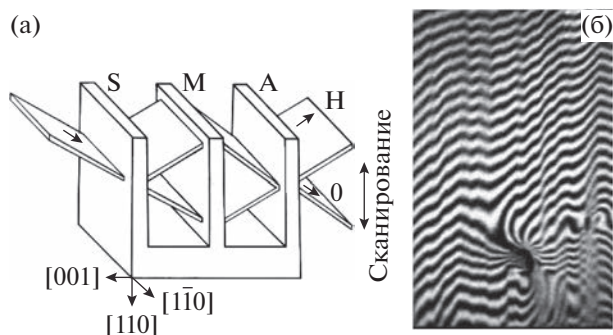


Рис. 3. Схема интерферометра и хода лучей в нем при использовании отражающих плоскостей (110) (а): S – блок-расширитель; М – зеркальный блок; А – блок-анализатор; О и Н – проходящие и отраженные пучки соответственно. Муаровая топограмма при использовании отражения 220 (б).

Сначала снимали муаровую топограмму интерферометра до внесения дислокаций (рис. 6а), а затем – после внесения (рис. 6б). После этого с помощью металлографического микроскопа была зафиксирована не только группа дислокаций, выстроенных вдоль царапины, но и определена протяженность группы. Сравнение топограмм (рис. 6а и 6б) показывает, что поле механических напряжений, генерированных дислокациями, сильно изменило муаровую топограмму.

Устройство для нанесения царапин на поверхность кристаллического блока интерферометра (рис. 4) состоит из платформы 1 с жестко прикрепленным к нему держателем 8. На платформе 1 находятся также поперечный 2 и продольный 12 столики, которые перемещаются на направляющих 3 и 4. На подложке 6, которая прикреплена четырьмя винтами 20 к столику, помещен образец 5 (блок интерферометра). Образец 5 со столиками перемещаются в взаимно перпендикулярных направлениях с помощью микровинтов 13 и 14. В отверстие направляющей головки 9 помещен патрон (калак) 21, который на верхнем конце имеет платформу 17 для гирь 10, а на нижнем конце с помощью держателя 11 прикреплен к стержню 19, на конце которого насажен рубиновый конусообразный выступ (игла) 22. Необходимая сила давления для обеспечения нужной глубины царапин обеспечивается подбором гирь 10.

После нанесения царапин на поверхность блока интерферометра осуществляли операцию его четырехопорного изгиба, для чего было использовано то же устройство, что и для нанесения царапин (рис. 4), но с некоторыми дополнительными деталями (рис. 5). Так, под стержень 19 была подставлена подложка с неоднородными выступами 18, а нижняя поверхность блока интерферометра опиралась на два параллельно расположенных ножа 7. Юстировка образца была обеспечена

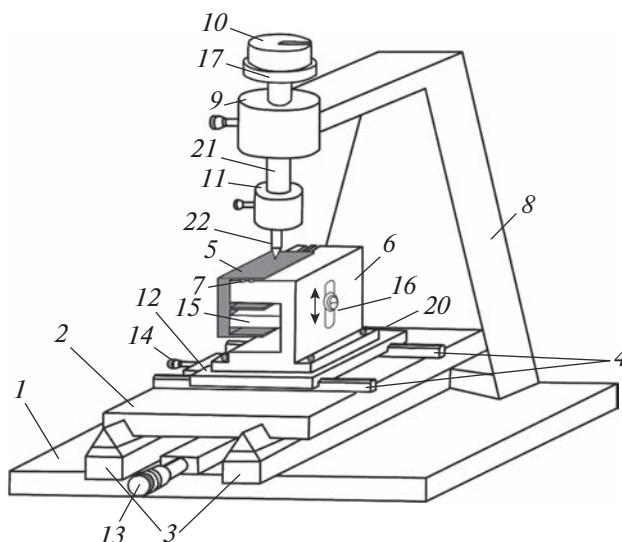


Рис. 4. Схема устройства для нанесения царапин на поверхность кристаллического блока интерферометра: 1 – платформа; 2 – поперечные столики; 3, 4 – направляющие; 5 – образец (блок интерферометра); 6 – подложка; 7 – ножи; 8 – держатель; 9 – направляющая головка; 10 – гиря; 11 – держатель; 12 – продольные столики; 13, 14, 16 – микровинты; 15 – опора; 17 – платформа для гирь; 20 – винты; 21 – патрон (калак); 22 – рубиновый конусообразный выступ (игла).

с помощью движущейся опоры 15 и винтов 13, 14, 16. Необходимую силу давления для изгиба обеспечил набор гирь 10, которые ставили на платформу 17. Затем устройство изгиба с интерферометром, блок которого находился под механическим давлением, было помещено в муфельную печь и в течение определенного времени было выдержано при температуре 600–700°C.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные исследования и микрофотометрирование муаровых топограмм показали, что контраст муаровых картин, полученных с использованием отражения $1\bar{1}0$ лучше, чем контраст картин в случае отражения 110. Это объясняется тем, что в случае плоскостей $(1\bar{1}0)$ интерферируют лучи, проходящие через блоки на одинаковых высотах от основания, и, так как напряженность блоков меняется по высоте, интерферируют волны, содержащие почти одинаковую информацию о деформациях. В случае отражения 110 это условие нарушается, и поэтому контраст муаровых картин падает. Это объясняется тем, что под действием силы тяжести блоки интерферометра деформируются, и, следовательно, или нарушается “условие идеальной геометрии” (равенство межблочных расстояний), или получаются такие муаровые узоры, периоды которых меньше разрешения детектора. На рис. 16 приведена муаровая

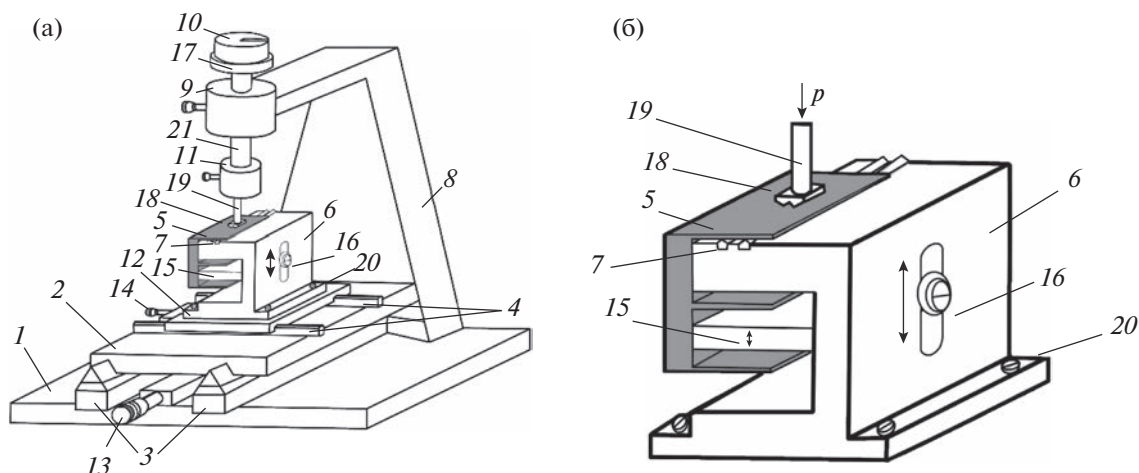


Рис. 5. Схема устройства для изгиба блока интерферометра (а): 1 – платформа; 2 – поперечные столики; 3, 4 – направляющие; 5 – образец (блок интерферометра); 6 – подложка; 7 – ножи; 8 – держатель; 9 – направляющая головка; 10 – гиря; 11 – держатель; 12 – продольные столики; 13, 14, 16 – микровинты; 15 – опора; 17 – платформа для гирь; 18 – ножеобразный выступ; 19 – стержень; 20 – винты; 21 – патрон (калак). Подставка для образца (б): 5 – образец (блок интерферометра); 6 – подложка; 7 – ножи; 15 – опора; 16 – микровинты; 18 – ножеобразный выступ; 19 – стержень; 20 – винты.

топограмма при отражении $2\bar{2}0$, а на рис. 3б – муаровая топограмма при отражении 220, на которой наблюдается наложение двух динамических эффектов – муаровых полос и линии сегрегации. На этих рисунках четко видно, что изображение дефекта (дислокации) сильно зависит от его ориентации относительно отражающих плоскостей. Это означает, что кратные интерферометры дают более полную картину несовершенств, исследуемых кристаллов. После зарождения дислокаций в блоке интерферометра с помощью металлографического микроскопа была определена средняя плотность дислокаций. Так, в центре царапины плотность дислокаций равна приблизительно $(1.2\text{--}1.5) \times 10^6 \text{ см}^{-2}$, при удалении от центра на расстояние 2 мм – $(2.1\text{--}2.5) \times 10^4 \text{ см}^{-2}$, а на расстоянии 4 мм – $\sim 5.2 \times 10^2 \text{ см}^{-2}$.

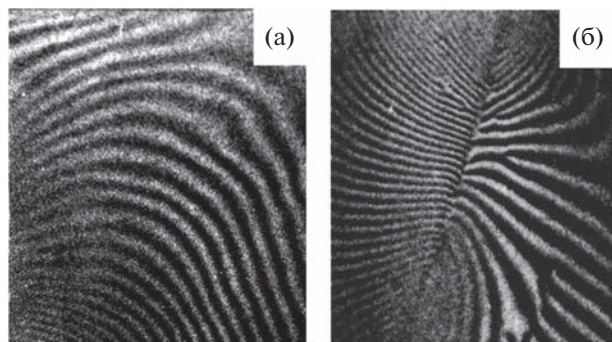


Рис. 6. Муаровая топограмма: а – исходная; б – после внесения дислокаций.

Из рис. 6б видно, что метод рентгеновского интерферометрического муара дает возможность прямого экспериментального изучения полей механических напряжений, созданных структурными дефектами кристаллической решетки, и является единственным прецизионным методом, позволяющим проводить прямые экспериментальные исследования структуры полей напряжений дислокационных ансамблей. Прерывающиеся муаровые полосы (вилкообразные участки) на топограммах позволяют четко подтвердить, что поля напряжений можно визуализировать.

ВЫВОДЫ

Внимательное изучение полученных топограмм позволяет сделать следующие выводы. Интерферометрические топографические картины зависят от ориентации отражающих плоскостей относительно дефекта, находящегося в одном из блоков интерферометра. Муаровые топограммы, полученные с использованием одного и того же интерферометра, но с разными семействами отражающих плоскостей, совершенно не похожи друг на друга (рис. 1б, 3б).

Кратные интерферометры позволяют выявить тонкие структуры рентгеновских дифракционных картин, т.е. одновременно наблюдать изображения различных несовершенств в кристалле. С помощью одного и того же двукратного интерферометра можно обнаружить и линии сегрегации, и полосы смещения, и муаровые картины различных несовершенств.

Предложенная схема эксперимента (рис. 2) позволяет с помощью одного и того же двукрат-

ного интерферометра получить муаровые топограммы с довольно высоким контрастом от двух взаимно перпендикулярных отражающих плоскостей благодаря тому, что блоки интерферометра в обоих случаях стоят вертикально. Эта схема легко осуществима, поскольку она спроектирована на базе рентгенодифракционной камеры КРС, которая реализует методы Ланга и Бормана с дополнением некоторых приспособлений.

Для более полного описания расположения дефектов в кристаллическом блоке необходимо увеличить кратность интерферометра — увеличить число отражающих плоскостей, принадлежащих одному и тому же семейству симметрично-эквивалентных отражающих плоскостей. Экспериментально доказано, что топографические картины, полученные с помощью одного и того же кратного интерферометра, и семейства симметрично-эквивалентных отражающих плоскостей, будут одинаковыми только в том случае, если кристаллы интерферометра идеальны, что подтверждено при получении топограмм от отдельных кристаллов (блоков) интерферометра, где в блоке-расщепителе выявилась дислокация. Распределение деформаций, вызванных линией дислокации, зависит от ориентации семейств отражающих плоскостей относительно этой линии.

Предложенное универсальное устройство (рис. 4) можно использовать как для нанесения царапин на поверхностях кристаллических блоков интерферометра, так и для их изгиба. Это полностью удовлетворяет условиям эксперимента: получение однородной по глубине царапины и тонкий четырехопорный изгиб кристаллических блоков интерферометра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lang A.R., Miuscov V.F. // Appl. Phys. Lett. 1965. V. 7. Iss. 8. P. 214.
<https://doi.org/10.1063/1.1754384>
2. Lider V.V. // Usp. Phys. Sciences. 2014. V. 57. Iss. 11. P. 1099.
<https://doi.org/10.3367/UFNe.0184.201411e.1217>
3. Bonse U., Hart M. // Z. Phys. 1966. B. 190. № 4. S. 455.
<https://doi.org/10.1007/BF01327264>
4. Hart M. // Brit. J. Appl. Phys. (J. Phys. D). 1968. V. 1. Iss. 11. P. 1405.
<https://DOI.org/10.1088/0022-3727/1/11/303>
5. Drmeyer H.R. // Acta Crystallogr. A. 2004. V. 60. P. 521.
<https://doi.org/10.1107/S0108767304016502>
6. Hart M. // Phyllos. Mag. (Abingdon) 1972. V. 26. Iss. 4. P. 821.
<https://doi.org/10.1080/14786437208226958>
7. Bonse U., Creff W., Materlik G. // Rev. Phys. Appl. (Paris). 1976. V. 11. № 1. P. 83.
<https://doi.org/10.1051/rphysap:0197600110108300>
8. Fezzaa K., Lee W.-K. J. // J. Appl. Crystallogr. 2001. V. 34. Iss. 2. P. 166.
<https://doi.org/10.1107/S0021889801002072>
9. Drmeyer H.R., Mkhitarian S.A. // Explor. Mater. Sci. Res. 2022. V. 3. Iss. 2. P. 124.
<https://doi.org/10.47204/EMSR.3.2.2022.124-129>
10. Azaroff L.V., Kaplow R., Kato N., Weiss R.J., Wilson A.J.C., Young R.A. // International Series in Pure and Applied Physics (1st Edition), N.Y.: McGraw-Hill Inc., 1974. P. 736.
11. Ohler M., Hartwig J. // Acta Crystallogr. A. 1999. V. 55. P. 413.
<https://doi.org/10.1107/s0108767398010514>
12. Authier A. Dynamical Theory of X-ray Diffraction. Oxford: Oxford Univ. Press, 2001. 680 p.
https://cds.cern.ch/record/1447864/files/9780198528920_TOC.pdf
13. Creagh D.C., Hart M. // Phys. Status Sol. 1970. V. 37. Iss. 2. P. 753.
<https://doi.org/10.1002/pssb.19700370226>
14. Christiansen G., Gerward L., Andersen L.A. // J. Appl. Crystallogr. 1971. V. 4. Iss. 5. P. 370.
<https://doi.org/10.1107/S0021889871007222>
15. Yoneyama A., Momose A., Seya E., Hirano K., Takeda T., Itai Y. // Rev. Sci. Instrum. 1999. V. 70. V. 12. P. 4582.
<https://doi.org/10.1063/1.1150116>
16. Drmeyer H.R. // J. Surf. Invest: X-Ray, Synchrotron Neutron Tech. 2015. V. 9. Iss. 2. P. 336.
<https://doi.org/10.1134/S1027451015010292>
17. Eyranyan T.H., Mesropyan M.H., Mnatsakanyan T.S., Balyan M.K. // Acta Crystallogr. A. 2020. V. 76. P. 390.
<https://doi.org/10.1107/S2053273320002314>
18. Aboyan A.O., Khazardzhyan A.A., Bezirganyan P.H., Bezirganyan S.E. // Phys. Status Sol. A. 1990. V. 118. Iss. 1. P. 11.
<https://doi.org/10.1002/pssa.2211180102>
19. Gerward L. // Z. Physik. 1973. B. 259. S. 313.
<https://doi.org/10.1007/BF01395937>
20. Chen W.M., McNally P.J., Shvyd'ko Y.V., Tuomi T., Danilevsky A.N., Lerche M. // J. Cryst. Growth. 2003. V. 252. Iss. 1–3. P. 113.
[https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(03\)00884-4](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(03)00884-4)
21. Yoshimura J. // Acta Crystallogr. A. 2015. V. 71. P. 368.
<https://doi.org/10.1107/S2053273315004970>
22. Drmeyer H.R. // J. Surf. Invest.: X-Ray, Synchrotron Neutron Techn. 2020. V. 14. Iss. 6. P. 1270.
<https://doi.org/10.1134/S1027451020060282>
23. Blagov A.E., Kocharyan V.R., Eliovich Ya.A., Targonsky A.V., Movsisyan A.E., Korzhov V.A., Shahverdyan A.V., Mkrtchyan A.H., Kovalchuk M.V. // J. Contemporary Phys. (Armenian Academy of Sciences). 2022. V. 57. Iss. 2. P. 192.
<https://doi.org/10.3103/S1068337222020086>
24. X-Ray Technology. Handbook. Book 2 / Ed. Klyuev V.V. M.: Mashinostroenie, 1992. 368 p. https://www.stud-med.ru/klyuev-v-v-red-rentgenotekhnika-sprav-ochnik-v-2-h-kn-kn-2_01441d20f04.html

Use of Special Devices for X-Ray Interferometric Investigation of Structural Imperfections in Single Crystals

H. R. Drmeyan^{1, 2, *}, M. S. Vasilyan¹

¹*Institute of Applied Problems of Physics of the National Academy of Science of the Republic of Armenia, Yerevan, 0014 Republic of Armenia*

²*Shirak State University after M. Nalbandyan, Gyumri, Shirak Marz, 3126 Republic of Armenia*

**e-mail: drm-henrik@mail.ru*

A universal device for X-ray interferometric study of structural defects in single crystals has been designed, manufactured and tested. The device can serve both for scratching the surface of the interferometer crystal blocks and for bending it. A technology for generating dislocation in an interferometer block is also proposed. It has been experimentally proved that the moiré topographic patterns obtained using a double X-ray interferometer depend on the orientation of the reflection planes relative to the defect (dislocation). It is shown that multiple interferometers make it possible to simultaneously observe images of various structural imperfections. The results obtained make it possible to judge the spatial orientation of defects and the distribution of strain fields caused by these defects, i.e., strain fields can be visualized as X-ray moiré patterns. The results obtained in the work can form the basis for solving the inverse task, namely, the restoration of mechanical tension fields in the interferometer crystal blocks using the decoding of moiré patterns.

Keywords: multiple interferometers, moiré topogram, crystal block bending, structural defects, scratch, dislocation generation, strain field.