

УДК 548.732

ШЕСТИВОЛНОВАЯ ДИФРАКЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ В ДВУХБЛОЧНОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Р.Ц. ГАБРИЕЛЯН

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

e-mail: rugab@ysu.am

(Поступила в редакцию 29 июля 2016 г.)

Экспериментально исследовано распределение интенсивности между рефлексами в шестиволновом симметричном случае дифракции излучения $\text{CuK}\alpha_1$ с помощью двухблочной монокристаллической системы. Показано, что для монокристалла германия полученные многоволновые рефлексии разделяются по интенсивностям на три группы, и после второго блока из полученных 36 многоволновых рефлексив (пучков) 20 «чистые», т. е. не сопровождаются двухволновыми фонами. Предложена методика проведения прецизионных измерений в области многоволновой дифракции.

1. Введение

Основная трудность теоретического изучения многоволновой дифракции заключается в том, что уравнение дисперсионной поверхности (ДП) в общем случае многоволновой дифракции не имеет аналитического решения. Поэтому обычно исследуются частные случаи (отдельные конфигурации) с применением численных методов или случаи, когда рефлексии, входящие в данную конфигурацию, удовлетворяют определенным математическим условиям. Для экспериментального изучения формы ДП, а также распределения значений интерференционных коэффициентов поглощения (ИКП) в каждой точке ДП принципиальное значение имеет применение узкого монохроматического рентгеновского пучка, угловая расходимость которого меньше размеров области многоволновой дифракции. Получение такого монохроматического и строго параллельного пучка в свою очередь достаточно трудная задача. Дело в том, что в этом случае приходится обеспечивать параллельность пучка в двух плоскостях – в горизонтальной и вертикальной, в то время как в двухволновом случае достаточно обеспечить параллельность пучка только в горизонтальной плоскости. В то же время в строго параллельном и монохроматическом падающем пучке очень трудно юстировать кристалл и получать многоволновую дифракцию из-за чрезвычайной малости угловой ширины этой области дифракции. Поэтому экспериментаторы обычно

пользуются расходящимся первичным пучком, заранее соглашаясь на значительное ухудшение разрешения и точности эксперимента. С другой стороны, информация, полученная методом расходящегося пучка, носит усредненный (качественный) характер, что, естественно, недостаточно при экспериментальных исследованиях многоволновой дифракции и проведения прецизионных и количественных измерений.

Оказывается, что все эти экспериментальные трудности можно преодолеть, во-первых, применяя кристалл в виде двухблочной и трехблочной монокристаллических систем, первые блоки которых служат расщепителями-монокроматолами, порождающими монохроматические и коллимированные пучки. Во-вторых, среди этих порожденных пучков некоторые являются «чистыми» (не сопровождаются двухволновыми фонами). Третье самое главное достоинство многоблочных монокристаллических систем заключается в том, что все пучки, чистые в том числе, в последующих блоках автоматически находятся в отражающем положении.

Экспериментальная проверка предложенной методики со всеми разрешенными отражениями проводилась на симметричной шестиволновой конфигурации от кристалла германия на излучении $\text{CuK}\alpha_1$. Выбор конфигурации $(000, 220, 242, 044, 202, 224)$ был вызван тем, что шестиволновое рассеяние рентгеновских лучей совершенными кристаллами является одним из интересных и сложных явлений физики твердого тела. Такое рассеяние может иметь место, т. к. высокая осевая симметрия кристалла позволяет точкам обратной решетки, находящимся на шестиугольнике, вписаться в один круг. Причина этого основана на том, что при такой геометрии можно ожидать резкое усиление эффекта аномального прохождения, т. е. уменьшение ИКП в несколько тысяч раз в точном положении многоволновой дифракции для падающей плоской волны. В этом случае возможно аналитическое решение задачи. Исследованию этой конфигурации было посвящено большое количество теоретических и экспериментальных работ [1–17].

Необходимость исследования характера шестиволнового рассеяния монохроматических и коллимированных падающих пучков, которые порождаются в первых блоках монокристаллических систем, стала актуальной. Полученные результаты послужат экспериментальным доказательством эффективности предложенной методики и позволят проводить прецизионные исследования в области многоволновой дифракции любой конфигурации.

2. Многоволновые конфигурации с запрещенным отражением

Известно, что если кристалл находится в отражающем положении многоволновой дифракции от конфигураций, содержащих хотя бы одно запрещенное отражение, то в результате многоволнового взаимодействия получается

«окольно» возбужденный луч, соответствующий запрещенному отражению в двухволновом случае (эффект Ренингера) [18]. Известно также [19], что окольно возбужденный луч обладает уникальными свойствами: монохроматичен, параллелен в двух направлениях – в горизонтальном и вертикальном, так как запрещенное отражение является следствием симметрии кристалла. В работах [20, 21] показано, что все лучи, возникающие в первом блоке двухблочной монокристаллической системы (в том числе и окольный), автоматически находятся в отражающем положении во втором блоке. Это обусловлено тем, что таутозональность атомных плоскостей монокристалла сохраняется и естественная связь отражающих блоков не нарушается.

Рассматривая второй блок системы как исследуемый образец, можно провести разные многоволновые исследования с монохроматическим параллельным падающим пучком. В работе [21] применен вышеописанный метод для конфигураций (111,200) с излучением $\text{CuK}\alpha_1$. Теоретически и экспериментально исследована зависимость ИКП от толщины кристалла и показано, что предложенная методика позволяет провести прецизионные измерения для любой толщины кристалла. Следует отметить, что избавление от двухволнового фона с помощью двухблочной системы имеет значительное преимущество. Дело в том, что для получения чистых многоволновых рефлексов (без сопровождающих двухволновых фонов) экспериментаторы просто увеличивают толщину образца [22, 23]. Двухволновые рефлексы сравнительно быстро поглощаются, так как их эффективный ИКП больше, чем у многоволновых и, в конечном итоге, многоволновые области выделяются относительно своих двухволновых фонов. Необходимо отметить, что это происходит при очень больших толщинах, поэтому в работе [22] хорошее совпадение с теоретическими расчетами получилось только при больших толщинах, при этом точность эксперимента тем выше, чем больше толщина кристалла.

Применение двухблочной системы дает возможность с большой точностью проводить многоволновые исследования практически для любой толщины кристалла, включая и малые. Как будет показано ниже, механическое увеличение толщины кристалла не всегда приводит к выделению многоволновых областей (усилению интенсивности). Оказывается, что в отдельных случаях многоволновой дифракции усиление интенсивности непосредственно не связано с уменьшением ИКП, а имеет более сложный характер. Оно зависит как от толщины кристалла, так и от расстояния источник–фотопленка, и при определенных условиях происходит своеобразная фокусировка сферической падающей волны аналогично фокусировке для двухволнового случая, приведенного в работах [24–26].

3. Шестиволновая дифракция рентгеновских лучей

Среди большого количества теоретических и экспериментальных работ, посвященных исследованию двойного эффекта Бормана, шестиволновая конфигурация $(000, \bar{2}20, 2\bar{4}2, 0\bar{4}4, \bar{2}02, \bar{2}24)$ от кристалла германия с излучением $\text{CuK}\alpha_1$ представляет особый интерес. Впервые на эту конфигурацию обратили внимание Йоко и Фукухара [1]. Они теоретически показали, что коэффициент поглощения для одной моды распространения стремится к нулю. В работе [2] проведено более детальное теоретическое и экспериментальное исследование этой конфигурации. Показано, что для четырех мод распространения коэффициент поглощения стремится к значению меньше единицы. Однако усиление аномального прохождения в эксперименте не наблюдалось.

Впервые усиление при шестиволновой дифракции рентгеновских лучей, но в несколько измененной схеме, наблюдалось в работе [3]. В работе [4] эксперимент проводили по двум схемам. В первой схеме, почти такой же, как в работе [3], образец устанавливался на расстоянии 240 см от источника, а полученное изображение фиксировалось на пленке на расстоянии 4 см от образца. Усиление аномального прохождения наблюдалось в довольно протяженной и асимметричной области.

Во второй схеме тот же образец устанавливался на расстоянии 30 см от источника и дифракционная картина регистрировалась на расстояниях 10, 60 и 200 см. На первых двух картинах усиление аномального прохождения не наблюдалось, а на третьей вновь четко виден эффект усиления в асимметричном виде. Усиление, полученное на расстоянии 200 см, и его отсутствие на близких расстояниях не объясняется падением ИКП в шестиволновой области. В этой же работе эксперимент проводился и на кристалле чрезвычайно большой толщины (2.5 см, $\mu \sim 88$, время экспозиции около 40 часов). Оказалось, что усиление, которое наблюдается при малых толщинах, вообще пропадает.

В теоретических работах [6,10] показано, что явление, аналогичное представленным в работах [24–26], происходит и в процессе шестиволнового рассеяния. В экспериментах фиксируется многоволновая топограмма, соответствующая сферической рентгеновской волне, когда сдвиг фаз в вакууме компенсируется сдвигом фаз в кристалле и возникает эффект фокусировки.

Обобщение всех теоретических и экспериментальных результатов подтверждает, что в процессе шестиволнового рассеяния происходит явление фокусировки и падение ИКП. Их исследование с помощью монолитной многоблочной кристаллической системы позволит провести прецизионные и количественные измерения с целью более глубокого понимания явления.

4. Получение и исследование чистых многоволновых рефлексов

Метод, предложенный в работах [20, 21], можно применять только в тех случаях, когда одно из отражений многоволновой конфигурации является околным. Если ни одно двухволновое отражение, входящее в данную конфигурацию, не запрещено, то после первого блока все многоволновые рефлекссы будут сопровождаться двухволновыми отражениями (фонами). Таким образом, строго говоря, предложенный метод не годится для исследования таких конфигураций, для которых все двухволновые отражения разрешены.

В настоящей работе предлагается более универсальный метод, применимый в случае, когда все двухволновые отражения, входящие в состав данной многоволновой конфигурации, разрешены. Этот метод основан на использовании специальных трехблочных монокристаллических систем, позволяющих исследовать любую многоволновую конфигурацию, содержащую и не содержащую запрещенные отражения. В случае исследования конфигурации, содержащей запрещенное отражение, вовсе не обязательно пользоваться пучками околных отражений, потому что после второго блока образуются многоволновые пучки без двухволновых фонов, двухволновые отражения которых разрешены. Эти лучи во много раз сильнее, чем околные лучи, потому что их происхождение связано не с возбуждением запрещенного отражения, а с последовательным срезанием (очисткой) двухволновых фонов разрешенных отражений.

Предложенная методика использовалась для изучения шестиволновой конфигурации с помощью двухблочной монокристаллической системы, преследуя цель, во-первых, экспериментально показать, что после второго блока монокристаллической системы для конфигурации со всеми разрешенными отражениями получают рефлекссы без двухволновых фонов, и, во-вторых, исследовать относительные интенсивности возбужденных многоволновых рефлекссов. Легко показать, что при n -волновой дифракции со всеми разрешенными отражениями число так называемых чистых рефлекссов после второго блока задается простым выражением

$$N = n(n-3) + 2.$$

Таким образом, в трехволновом случае N будет равно двум, в четырехволновом случае – шести, в шестиволновом случае – двадцати, т. е. в шестиволновом случае из тридцати шести возбужденных рефлекссов только шестнадцать будут сопровождаться двухволновыми фонами.

Техника изготовления образца (двухблочной системы) стандартная. После механической и химической обработки толщины блоков делаются равными между собой и доводятся до 0.35 см. Расстояние между блоками равно 0.5 см. Большая поверхность системы является кристаллографической плоскостью (111) с размерами $1.5 \times 1.8 \text{ см}^2$, которая достаточна для того, чтобы все шесть

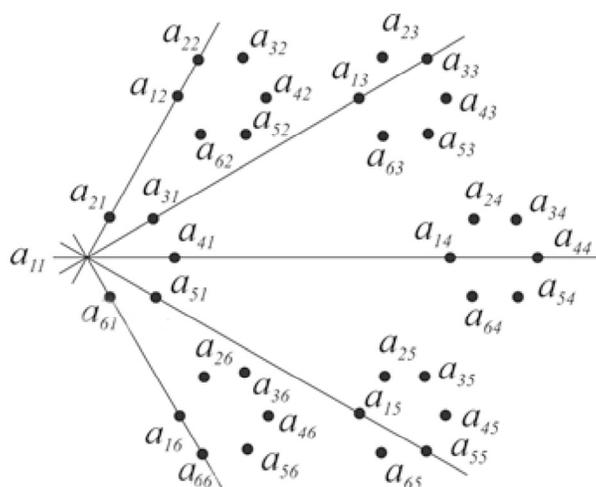


Рис.1. Схема расположения рефлексов после второго блока.

рефлексов, возбужденных в первом блоке, попадали на второй блок. На рис.1 показана схема расположения возбужденных многоволновых рефлексов для этой конфигурации. Двухволновые фоны на рисунке не показаны, число рефлексов после второго блока равно 36.

Экспериментально получены два снимка с разными временами экспозиции. При коротком времени экспозиции (рис.2) появляются только сильные рефлексы (000) , $(2\bar{2}0)$ и $(\bar{2}20)$. При большом времени экспозиции (рис.3)

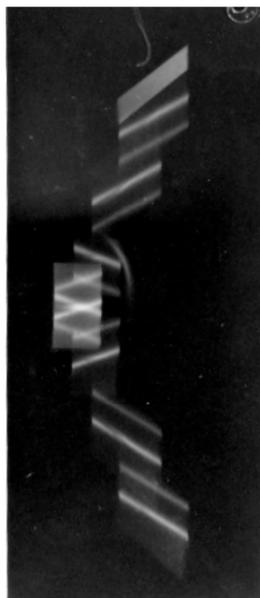


Рис.2. Шестиволновая дифракция в двухблочной системе с коротким временем экспозиции. Видны только рефлексы $(2\bar{2}0)$ и $(\bar{2}20)$.

появляются рефлексы $(\bar{2}\bar{2}4)$, $(\bar{2}\bar{4}2)$ и $(0\bar{4}4)$, а рефлексы (000) , $(\bar{2}\bar{2}0)$ и $(\bar{2}02)$ уже переэкспонируются. Во втором случае экспозиция задавалась с таким расчетом, чтобы появились все слабые рефлексы, сопровождающиеся и не сопровождающиеся двухволновым фоном. Чтобы различить рефлексы с двухволновыми фонами от чистых, можно предложить следующую простую схему: надо провести прямые линии между следом первичного пучка (рефлексом a_{11}) со всеми рефлексами, второй индекс которых равен единице. Те рефлексы, с которыми пересекутся эти линии на рентгенограмме, будут сопровождаться двухволновыми фонами, а все остальные будут без фона (чистые). Из рис.3 видно, что число рефлексов первого типа равно 16, а второго – 20.

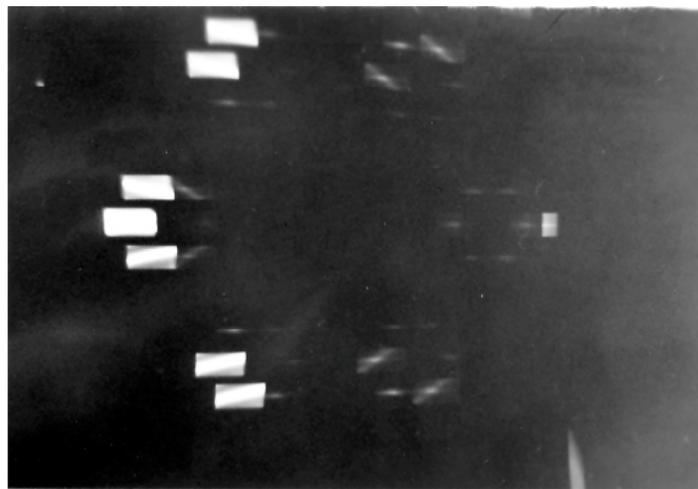


Рис.3. Шестиволновая дифракция в двухблочной системе. Излучение $\text{CuK}\alpha_1$.

На рис.2, в котором видны только рефлексы (000) , $(\bar{2}\bar{2}0)$ и $(\bar{2}02)$, получается интересный результат. До сих пор ни в одном эксперименте не наблюдалось какое-либо отличие многоволновых рефлексов типа (220) от своих двухволновых фонов. Однако эти эксперименты проводились на белом излучении, а здесь на второй блок падает фактически монохроматический пучок. Таким образом можно установить, как влияет монохроматичность на многоволновую дифракцию. Из рис.2 видно, что на рефлексах намечаются определенные многоволновые структуры, т. е. появляется эффект просветления и одновременно слабо эффект усиления. Можно сделать вывод, что отсутствие многоволновых эффектов в рефлексах типа (220) в экспериментах с одним кристаллом в какой-то мере обусловлено немонохроматичностью падающего пучка. Если в многоволновой

дифракции участвуют семейства плоскостей, имеющие разные миллеровские индексы, то в области многоволновой дифракции амплитуды волн, дифрагированных в разных направлениях, по величине разные. Следовательно, несмотря на то, что волны, принадлежащие одной точке возбуждения, имеют одинаковые ИКП, вследствие разности в их амплитудах интенсивности дифрагированных волн в значительной степени могут отличаться друг от друга.

Анализ специфики многоволновой дифракции показывает, что многоволновая область на фоне двухволновой дифракции будет тем сильнее и больше по размерам, чем меньше минимальное значение многоволновой ИКП (μ_{\min}) и чем больше область, где $\mu_{\min} < \mu^{(2)}$, и больше амплитуды возбуждения данного многоволнового рефлекса. Если эти три условия не обеспечиваются, то многоволновая область может вообще не отличаться на фоне двухволнового рефлекса. Одновременно с усилением интенсивности при многоволновой дифракции часто наблюдается и расширение его области по сравнению с двухволновым фоном. Это объясняется тем, что область $\mu_{\min} < \mu^{(2)}$, в основном, соответствует вершине ДП, где кривизна больше. Но, как и при двухволновой дифракции, в многоволновом случае вектор Пойнтинга \mathbf{S} в каждой волновой точке также перпендикулярен к ДП (теорема Като).

На рис. 3 представлено три типа рефлексов, различающихся по величинам интенсивности. Это, во-первых, сильные рефлексы типа (220), которые получились после первого блока и на втором блоке подверглись сильному отражению такого же типа. Таких рефлексов всего два a_{23} и a_{65} . Здесь и далее имеются в виду только чистые рефлексы. Во-вторых, сильные рефлексы типа (220) после первого блока, которые на втором блоке подверглись слабому отражению типа

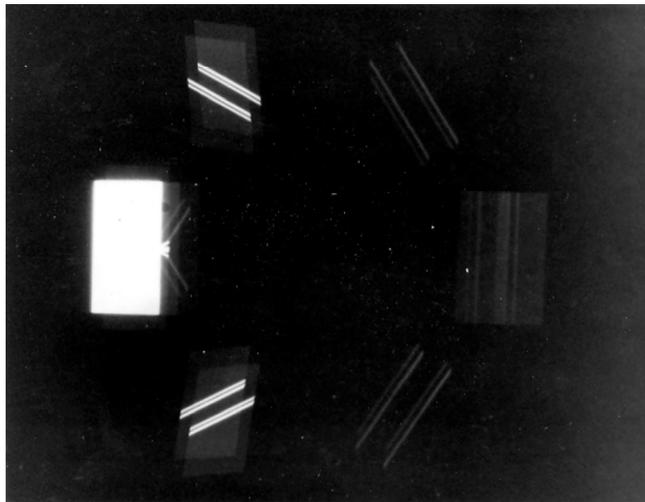


Рис.4. Шестиволновая дифракция в двухблочной системе. Излучение $\text{MoK}\alpha_1$.

($\overline{224}$) или (440). Назовем оба эти рефлекса слабыми относительно рефлекса ($\overline{220}$), хотя по интенсивности они немного отличаются – рефлекс ($0\overline{44}$) слабее, чем рефлекс ($\overline{224}$). По своим интенсивностям ко второму типу рефлексов относятся и рефлексы, которые в первом блоке подверглись слабому отражению, а на втором блоке, наоборот, сильному отражению. Из рис.3 видно, что интенсивности этих рефлексов почти равны друг другу. Таких рефлексов 12. И, наконец, третий тип – это рефлексы, которые получаются со слабым отражением на первом блоке и также подвергаются слабому отражению на втором блоке. Таких рефлексов всего 6 и они слабо видны на рисунке.

Для удобства классификации этих рефлексов составлены две таблицы. В табл.1 наряду с рефлексами приведена соответствующая данному типу рефлексов интенсивность. Рефлексы первого типа (сильные рефлексы) отмечены тремя звездочками. Рефлексы второго типа отмечены двумя звездочками и, наконец, рефлексы третьего типа (слабые) – одной звездочкой. В этой таблице приведены также те рефлексы, которые получаются со своими двухволновыми фонами, но они оставлены без обозначения. Это рефлексы, индексы которых равны друг

Табл.1. Классификация рефлексов по интенсивности

α_{11}	α_{21}	α_{31}	α_{41}	α_{51}	α_{61}
α_{12}	α_{22}	** α_{32}	* α_{42}	* α_{52}	** α_{62}
α_{13}	*** α_{23}	α_{33}	** α_{43}	* α_{53}	** α_{63}
α_{14}	** α_{24}	** α_{34}	α_{44}	** α_{54}	** α_{65}
α_{15}	** α_{25}	* α_{35}	** α_{45}	α_{55}	*** α_{65}
α_{16}	** α_{26}	* α_{36}	* α_{46}	** α_{56}	α_{66}

другу, например a_{mn} , или один из двух индексов равен 1, т. е. a_{1n} или a_{n1} .

В табл.2 представлены только чистые рефлексы и отражения, которым они подвергаются в первом (верхняя строчка) и во втором (нижняя строчка) блоках, соответственно. Видно, что сильные рефлексы a_{23} и a_{65} формировались только отражением типа (220). В рефлексах средней интенсивности в первом либо во втором блоках одно из отражений обязательно типа (220). И наконец, третья группа рефлексов, которые сформировались в результате последовательных слабых отражений типа (224) или (440).

Таким образом, эксперимент показывает, что двухблочные монолитные системы дают возможность получать чистые многоволновые рефлексы для лю-

Табл.2. Классификация чистых рефлексов и их происхождение

$a_{24} \begin{pmatrix} \bar{2}02 \\ \bar{2}42 \end{pmatrix}$	$a_{34} \begin{pmatrix} \bar{2}24 \\ \bar{2}20 \end{pmatrix}$	$a_{43} \begin{pmatrix} 0\bar{4}4 \\ \bar{2}20 \end{pmatrix}$	$a_{53} \begin{pmatrix} 2\bar{4}2 \\ \bar{4}22 \end{pmatrix}$	$a_{63} \begin{pmatrix} 2\bar{2}0 \\ \bar{4}04 \end{pmatrix}$
$a_{25} \begin{pmatrix} \bar{2}02 \\ 4\bar{4}2 \end{pmatrix}$	$a_{35} \begin{pmatrix} \bar{2}24 \\ 4\bar{2}2 \end{pmatrix}$	$a_{45} \begin{pmatrix} 0\bar{4}4 \\ 20\bar{2} \end{pmatrix}$	$a_{54} \begin{pmatrix} 2\bar{4}2 \\ \bar{2}02 \end{pmatrix}$	$a_{64} \begin{pmatrix} 2\bar{2}0 \\ \bar{2}24 \end{pmatrix}$
$a_{23} \begin{pmatrix} \bar{2}02 \\ 0\bar{2}2 \end{pmatrix}$	$a_{32} \begin{pmatrix} \bar{2}24 \\ 0\bar{2}2 \end{pmatrix}$	$a_{42} \begin{pmatrix} 0\bar{4}4 \\ \bar{2}4\bar{2} \end{pmatrix}$	$a_{52} \begin{pmatrix} 2\bar{4}2 \\ \bar{4}40 \end{pmatrix}$	$a_{62} \begin{pmatrix} 2\bar{2}0 \\ \bar{4}22 \end{pmatrix}$
$a_{26} \begin{pmatrix} \bar{2}02 \\ 4\bar{2}2 \end{pmatrix}$	$a_{36} \begin{pmatrix} \bar{2}24 \\ 40\bar{4} \end{pmatrix}$	$a_{46} \begin{pmatrix} 0\bar{4}4 \\ 22\bar{4} \end{pmatrix}$	$a_{56} \begin{pmatrix} 2\bar{4}2 \\ 0\bar{2}2 \end{pmatrix}$	$a_{65} \begin{pmatrix} 2\bar{2}0 \\ 0\bar{2}2 \end{pmatrix}$

бой многоволновой конфигурации. При необходимости можно с большой точностью измерить интегральные интенсивности многочисленных чистых многоволновых рефлексов, имеющие разнообразное происхождение и сопоставить с теоретическими результатами.

Для сравнения эксперимент проводили и на излучении $\text{MoK}\alpha_1$, поскольку многоволновые области ни в одном рефлексе на этом излучении не отличаются от своих двухволновых фонов. Следовало бы ожидать, что использование монолитной системы, подобно случаю с $\text{CuK}\alpha_1$ излучением, даст возможность выявить многоволновые эффекты, тем более, что их линейные коэффициенты поглощения лишь немного отличаются друг друга (352 см^{-1} для $\text{CuK}\alpha_1$ и 320 см^{-1} для $\text{MoK}\alpha_1$ излучений).

Из рентгенограммы, представленной на рис.4 видно, что ни в одном двухволновом рефлексе многоволновая область не отличается от своего двухволнового фона и из 20 чистых рефлексов ни один не виден. Нельзя считать, что энергия всех этих рефлексов перекачивается на рефлекс (000), т. к. этот рефлекс особому изменению не подвергался и лишь незначительно увеличился по размерам и интенсивности. В данном случае этот рефлекс намного ослаблен и уменьшен по размеру. Это показывает насколько многоволновое рассеяние чувствительно по отношению к изменению длины волны и как сильно меняются ИКП и размеры области многоволнового рассеяния при переходе на излучение $\text{MoK}\alpha_1$. В результате, при одинаковых условиях схемы эксперимента и образца, многоволновые

области уменьшаются настолько, что их нельзя выявить в том числе с помощью двухблочной монокристаллической системы.

5. Заключение

Экспериментально исследовано распределение интенсивности между рефлексами шестиволновой дифракции рентгеновских лучей с помощью двухблочной монокристаллической системы. Показано, что рефлексы по интенсивностям разделяются на три группы и что после второго блока из полученных 36 многоволновых рефлексов (пучков) 20 чистые (не сопровождаются двухволновыми фонами). На основе этого предложена методика для проведения прецизионных измерений в области многоволновой дифракции.

ЛИТЕРАТУРА

1. **T. Joko, A. Fukuhara.** J. Phys. Soc. Jap., **22**, 597 (1967).
2. **T.C. Huang, M.H. Tillenger, B. Post.** Z. Naturfor., **A28**, 600 (1973).
3. **С.А. Кшевецкий, И.П. Михайлюк.** Кристаллография, **21**, 381 (1976).
4. **Р.Ц. Габриелян, А.О. Абоян.** Материалы Всесоюзного межвузовского совещания по многоволновому рассеянию рентгеновских лучей, Ереван, 1977, 66–71.
5. **В.Г. Кон.** ФТТ, **18**, 2538 (1976).
6. **В.Г. Кон.** ФТТ, **19**, 3567 (1977).
7. **П.А. Безирганян, Р.Ц. Габриелян, А.Л. Мшецян.** Изв. АН Арм. ССР, Физика, **15**, 96 (1980).
8. **Р.Н. Besirganyan, R.Ts. Gabrielyan, V.G. Kohn, A.H. Toneyan.** Phys. Stat. Sol. (a), **85**, 349 (1984).
9. **А.Г. Тонян, В.Г. Кон.** Кристаллография, **29**, 203 (1984).
10. **V.G. Kohn, A.H. Toneyan.** Acta Cryst., **42**, 441 (1986).
11. **К. Okitsu, Y. Yoda, Y. Imai, Y. Ueji.** Acta Cryst., **A67**, 550 (2011).
12. **К. Okitsu, Y. Yoda, Y. Imai, Y. Ueji, Y. Urano, X.Zhang.** Acta Cryst., **A62**, 237 2006.
13. **К. Okitsu, Y. Imai, Y. Ueji, Y. Yoda.** Acta Cryst., **A59**, 311 (2003).
14. **К. Okitsu.** Acta Cryst., **A59**, 235 (2003).
15. **S.-L. Chang.** Appl. Phys. Lett., **40**, 793 (1982).
16. **S.-L. Chang.** Z. Naturforsch. Teil A, **37**, 501 (1982).
17. **V.G. Kohn, D.R. Khikhlukha.** Acta Cryst., **A72**, 349 (2016).
18. **M. Renninger.** Z. Phys., **106**, 141 (1937).
19. **D.A. Kottwitz.** Acta Cryst., **A24**, 117 (1968).
20. **П.А. Безирганян, Р.Ц. Габриелян.** Авторское свидетельство, №811122, 1981.
21. **R.Ts. Gabrielyan, V.G. Kohn.** Phys. Stat. Sol. (a), **63**, 345 (1981).
22. **W. Uebach.** Z. Naturforsch., **28**, 1214 (1973).
23. **G. Borrmann, W. Hartwig.** Z. Kristallogr., **121**, 401 (1965).
24. **А.М. Афанасьев, В.Г. Кон.** ФТТ, **19**, 1775 (1977).

25. **В.В.Аристов, В.И. Полвинкина, И.М.Шмытко, Е.В.Шулаков.** Письма в ЖЭТФ, **28**, 6 (1978).
26. **В.Д. Козьмик, И.П. Михайлюк.** Письма в ЖЭТФ, **28**, 673 (1978).

ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՎԵՅԱԼԻՔԱՅԻՆ ԴԻՖՐԱԿՑԻԱՆ
ՄԻԱԶՈՒՅԼ ԵՐԿԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Ռ.Ց. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

Փորձնականորեն հետազոտված է, $CuK\alpha_1$ ճառագայթամաբ, վեցալիքային համաչափ դիֆրակցիայի ռեֆլեքսների միջև ինտենսիվության բաշխումը միաձույլ երկբյուրեղային համակարգի օգնությամբ: Ցույց է տրված, որ գերմանիումի մոնոբյուրեղի համար ստացված բազմալիքային ռեֆլեքսները ըստ ինտենսիվության բաժանվում են երեք խմբի: Ցույց է տրված նաև, որ երկրորդ բլոկից հետո ստացված 36 բազմալիքային ռեֆլեքսներից (փնջերից) 20-ը «մաքուր» են (չեն ուղեկցվում երկալիքային ֆոներով), որի հիման վրա առաջարկված է բազմալիքային դիֆրակցիայի բնագավառում ճշգրիտ չափումներ կատարելու մեթոդ:

SIX-WAVE DIFFRACTION OF X-RAYS
IN A TWO BLOCK CRYSTALLINE SYSTEM

R.Ts. GABRIELYAN

Distribution of intensity among the reflections in the six-wave symmetric diffraction radiation of $CuK\alpha_1$ with help of a two-block monolithic crystalline system is investigated. It is shown that the obtained multiwave reflections for the germanium monocrystals are separated into three groups on the intensity, and after second block from the obtained 36 multiwave reflections 20 are 'pure', i. e. those which are not accompanied by two-wave backgroundes. The method for precise measurements in the region of multiwave diffraction is offered.