ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТРАЖЕНИЯ РЕНТГЕНОВЫХ ЛУЧЕЙ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ПАДЕНИЯ

А. Г. АКРИТОВ , П. А. БЕЗИРГАНЯН

Исследована зависимость интенсивности отраженных рентгеновских волн от направления плоскости падения. Измерением интенсивности отражения от кристаллов кварца, гипса, слюды и кальцита и от нитевидных кристаллов NaCl показано, что интенсивность отражения в общем случае зависит от направления плоскости падения, когда размеры отражающих плоскостей порядка размеров первой зоны Френеля.

В работах [1-4] была теоретически исследована зависимость интенсивности отраженных рентгеновских волн от направления плоскости падения в рамках кинематической и динамической теорий интерференции рентгеновских лучей при плоской и сферической падающих волнах. В данной работе этот вопрос исследован экспериментально. Для этого, во-первых, было необходимым выбрать подходящий объект для исследования и, во-вторых, разработать методику исследования.

Из расчетов, проделанных в [1—4], выяснилось, что интенсивность отраженных волв зависит от направления плоскости падения только в том случае, когда размеры отражающих плоскостей в одном направлении больше размеров первой зоны Френеля, а в другом направлении — меньше.

Далее, интенсивность отражения не зависит от направления плоскости падения в следующих случаях:

1. Размеры отражающих плоскостей меньше размеров первой зоны Френеля.

2. Размеры отражающих плоскостей во всех направлениях много больше размеров первой зоны Френеля.

3. Размеры отражающих плоскостей во всех направлениях одинаковы (независимо от их величин).

4. В мозаичных монокристаллах, когда, в среднем, во всех направлениях размеры блоков одинаковы (хаотическое распределение размеров).

Исходя из вышеуказанного, объектом исследования были выбраны следующие образцы:

1) монокристаллы, блоки которых с помощью изгиба раздроблены в одном направлении;

2) нитевидные кристаллы, толщины которых для данного излучения меньше размеров первой зоны Френеля (разумеется, что длины гораздо больше, чем размеры первой зоны Френеля).

Конкретно для иследования были выбраны кристаллические пла-

стинки слюды, гипса, кварца и кальцита, а также нитевидные кристаллы NaCl.

3

Все исследования были проведены фотографическими и ионизационными методами.

Исследование зависимости интенсивности отражения от направления плоскости падения в кристаллах кварца, слюды, гипса и кальцита

При исследовании зависимости интенсивности отражения от направления плоскости падения мы должны, во-первых, убедиться в том, что отражающие плоскости строго параллельны к поверхности кристалла, иначе при изменении направления плоскости падения интенсивность отражения может изменяться за счет изменения поглощения. В том, что отражающие плоскости параллельны поверхности кристалла, мы убедились, изменяя направление плоскости падения на 180°, в двух взаимно перпендикулярных расположениях кристалла: в каждом расположении кристалла изменение плоскости падения на 180° не изменяло величину интенсивности отражения.

Во-вторых, мы должны учитывать возможности возникновения двойных отражений при повороте отражающих плоскостей вокруг нормали.

Действительно, как известно [5], двойные отражения в монокристаллах могут возникать при условии, когда кристалл находится в отражающем положении. Двойные отражения экспериментально можно осуществить вращением кристалла вокруг нормали отражающих плоскостей [6-8]. Это условие возникновения двойных отражений как раз совпадает с условиями нашего эксперимента. Ясно, что при появлении двойного отражения, основное отражение усиливается. Однако при появлении двойного отражения это усиление основного отражения частично или полностью компенсируется появлением второго отражения: основное отражение, с одной стороны, усиливается лвойотражением, а с другой стороны, ослабляется вторым ным отражением, необходимым для появления двойного отражения. Зависимость интенсивности отражения от направления плоскости падения мы исследовали для двух взаимно перепендикулярных направлений плоскости падения до и после изгиба кристаллов. Изгиб был совершен с целью уменьшения размеров кристаллических блоков в направлении, перпендикулярном к оси изгиба. Так что, во-первых, вероятность двойного отражения только в двух заданных направлениях ничтожна, во-вторых, если оно появляется, то интенсивность основного отражения изменяется незначительно, а в третьих, изменение интенсивности основного отражения должно существовать до и после изгиба. Следовательно, изменением интенсивности основного отражения с появлением двойного отражения можно пренебречь.

111

Методика эксперимента

Как уже сказано выше, была исследована зависимость интенсивности отражения от направления плоскости падения в двух взаимно перпендикулярных направлениях (в направлении оси изгиба и в перпендикулярном ей направлении до и после изгиба). Исследования были проведены фотометрическим методом, качанием кристалла вокруг оси, перпендикулярной плоскости падения (при помощи камеры РКОП), и ионизационным методом на дифрактометре УРС-50 И.

Исследования проводились на полихроматическом и монохроматическом излучениях. Интенсивности пятен, полученных фотографическим методом, были фотометрированы с помощью микрофотометра



Рис. 1. Диаграммы-записи интенсивности волн, отраженных от кристаллов кварца, гипса, слюды и кальцита.

МФ-4. Результаты исследований ионизационным методом приведены в диаграмм-записях, приведенных на рис. 1.

Для соблюдения одинаковых условий проявки снимки были сделаны на одной и той же пленке. Это осуществлялось следующим образом: пленка была закрыта непрозрачным для рентгеновских лучей экраном. На этом экране был вырезан сектор с центральным углом, равным 30 угловым градусам. Этот экран с вырезанным сектором оставался неподвижным, а круглая пленка после каждой съемки вращалась на 30°. Таким образом, на одной пленке было получено 12 снимков (см. рис. 2). Шесть снимков были получены при одном положении отражающих плоскостей образца, а шесть — после вращения плоскости на 90 угловых градусов.

Таким образом, были исследованы пять различных кристаллов кварца, десять кристаллов гипса, восемь кристаллов слюды и три кристалла кальцита. Были исследованы отражения от плоскостей спайностей кристаллов гипса (010), слюды (001), кальцита (211), а в случае кристаллов кварца были исследованы отражения от плоскостей

(1010). Для каждого кристалла было получено шесть раз по двенадцать снимков (по шесть снимков от каждого положения). Все снимки были микрофотометрированы и для максимальных значений были составлены соответствующие таблицы. Аналогичные исследования также проводились ионизационным методом.

25

R

На рис. 1.1 приведена диаграммазапись интенсивностей волн, отраженных от плоскостей (010) неизогнутного (недеформированного) кристалла гипса для



Рис. 2. Рефлексограммы волн, отраженных от кристаллов кварца гипса, слюды и кальцита.

двух взаимно перпечдикулярных направлений плоскости падения: первые четыре пика указывают на одно направление, а остальные—на другое. В качестве излучения применялось M_0K_{β} .

На рис. 1.2 и 1.3 приведены диаграммы-записи интенсивностей волн, отраженных от той же точки того же кристалла гипса (диаграммы которого даны на рис. 1.1), но после изгиба, причем рис. 1.2 получен в случае, когда плоскость падения параллельна оси изгиба, а рис. 1.3 — когда плоскость падения перепендикулярна оси изгиба.

На рис. 1.4 приведена диаграмма-запись интенсивностей волн, отраженных от плоскостей (001) неизогнутного кристалла слюды для двух взаимно перпендикулярных направлений плоскости падения: первые четыре пика указывают одно направление, а остальные—другое. В качестве излучения применялось $M_0 K_\beta$.

На рис. 1.5 и 1.6 приведены диаграммы-записи интенсивностей волн, отраженных от той же точки того же кристалла слюды (диаграммы которой даны на рис. 1.4), но после изгиба, причем рис. 1.5 получен в случае, когда плоскость падения параллельна оси изгиба, а рис. 1.6—когда плоскость паденчя перпендикулярна этой оси.

На рис. 1.7, 1.8 и 1.9 даны диаграммы-записи интенсивностей волн, отраженных от плоскостей (1010) различных кристаллов неизогнутого кварца в двух взаимно перпендикулярных направлениях плоскости падения. На рис. 1.7 первые три, на рис. 1.8 первые четыре, на рис. 1.9 последние пять пиков получены в случае, когда плоскость падения параллельна оси изгиба, а остальные пики на этих рисунках когда плоскость падения перпендикулярна этой оси. Рис. 1.7 и 1.9 получены при излучении M_0K_β , а рис. 1.8 — излучением M_0K_z . 4 Извествя АН АрмССР, Физика, № 2

113

На рис. 1.10 приведена диаграмма-запись интенсивностей волн, отраженных от плоскостей (211) неизогнутого кристалла кальцита при двух взаимно перпендикулярных направлениях плоскости падения. Первые три пика получены в одном направлении, а остальные два—в другом с помощью дифрактометра УРС-50И. Интенсивности регистрировались на диаграммной ленте потенциометра ЭПП-09. Диаграммызаписи этих исследований приведены на рис. 1.

Ионизационным методом исследования проводились без монохроматизации первичного пучка после того, как мы убедились в том, что монохроматизация первичного пучка ничего нового не вносит в результаты измерений.

Для кристаллов кварца, гипса и слюды указанные исследования проводились до и после изгиба кристаллов, а для кристаллов кальцита исследования проводились без изгиба. Для изгиба кристаллов было изготовлено особое приспособление.

Результаты и их обсуждение

Как показывают диаграммы-записи, приведенные на рисунке 1 и таблицы (здесь неприведенные), интенсивности отражения при двух взаимно перепендикулярных положениях плоскости падения до и после изгиба кристалла, в пределах ошибки опыта, одинаковы. А после изгиба интенсивность отражения, когда плоскость падения параллельна оси изгиба (перпендикулярна к отражающим плоскостям), значительно больше, чем в том случае, когда плоскость падения перпендикулярна к этой оси. Это, очевидно, объясняется тем, что при изгибе кристаллические блоки ломаются и их размеры в направлении оси изгиба остаются порядка большой оси первой зоны, а в перпендикулярном направлении значительно уменьшаются по сравнению с этой осью.

Исследование зависимости интенсивности отражения от направления плоскости падения в нитевидных кристаллах

Для исследования необходимо было выбрать системы плоскостей, параллельных оси нитевидного кристалла. Нитевидные кристаллы NaCl обычно растут в направлении [100], следовательно, плоскости (100) и (110) параллельны оси кристалла и удобны для исследования. С помощью расшифровки лауэграмм, полученых от этих кристаллов, мы убедились в этом.

Вращение нитевидных кристаллов вокруг нормали отражающих плоскостей с сохранением угла Вульфа—Брегга осуществлялось следующим образом.

Для камеры РКОП был сконструирован и изготовлен добавочный кристаллодержатель (рис. 3), который дает возможность вращать кристалл (1) в двух взаимно перпендикулярных направленнях: вокруг собственной оси (x) и оси, перпендикулярной к кристаллу (y). Враще-

Исследование отражения рентгеновских лучей

ние вокруг собственной оси дает возможность приводить отражающие плоскости кристалла в параллельное положение относительно поверхн ности кольца (3) кристаллодержателя. Вращение вокруг оси (у), перп пендикулярной к кристаллу (1), дает возможность изменять положение. о отражающих плоскостей относительно плоскости падения.

Опыт проводился следующим образом: кристаллодержатель (рис. 3) с кристаллом (1) монтировались на гониометрической головкекамеры РКОП так, чтобы плоскость кольца (3) добавочного держа-N теля и кристалл (1) были перпендикулярны к первичному пучку рентгеновских лучей. В этом положении снималась лауэграмма и опреде-T лялось направление интересующих (100) и (110) плоскостей относительно плоскости указанного кольца. Вращением кристалла вокруг собственной оси (x) с помощью (4) добавочного кристаллодержателя отра-

жающие плоскости ориентировались параллельно плоскости кольца (3). После этого с помощью гониометрической головки РКОП отражающие плоскости приводились в положение отражения (первичный пучок с отражающими плоскостями составляет угол в Вульфа-Брегга). Не трудно догадаться, что в последнем положении кристалла при вращении подвижного кольца (3) добавочного кристаллодержателя вращается плоскость падения (вращаются отражающие плоскости), а угол Вульфа-Брегга не меняется.

F



Рис. 3. Кристаллодержатель для вращения кристалла в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Таким образом, мы измерили интенсивности отражения от плоскостей (100) и (110) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. когда плоскость падения параллельна оси кристалла и перпендикулярна к ней.

Съемки проводились качением и без качения кристалла. Полученные рентгенограммы микрофотометрировались. Некоторые из этих микрорентгенограмм приведены на рисунке 4. Для всех рефлексов измерены интенсивности (коэффициент пропускания) и для результатов этих измерений были составлены таблицы, которые здесь не приводятся.

На рис. 4в приведена микрофотограмма отражения от плоскостей (010) нитевидного кристалла NaCl (толщина кристалла 25.10-3 см) для двух взаимно перпендикулярных направлений: первые четыре пика. указывают на отражение, когда плоскость падения совпадает с осью кристалла. На рис. 4а приведена микрофотограмма отражения от плоскостей (010) нитевидного кристалла NaCl (толщина кристалла 9.10-4 см) для двух взаимно перпендикулярных направлений: первые четыре пика указывают на отражение, когда плоскость падения совпадает с

осью кристалла, а остальные — когда плоскость падения перпендикулярна оси кристалла.

При расчете интенсивности мы учли то обстоятельство, что в случае нитевидных кристаллов с вращением плоскости падения размеры облучаемого объема и поглощения меняются.

Микрофотограммы и таблицы с учетом указанных обстоятельств показывают, что с изменением плоскости падения изменяется интен-



Рис. 4. Микрофотограмма воля, отраженных от нитевидных кристаллов.

сивность отражения только в том случае, когда толщина нитевидных кристаллов по величине близка или меньше размеров первой зоны Френеля.

Действительно, в случае толстых нитевидных кристаллов в указанных двух взаимно перпендикулярных направлениях изменения интенсивности не наблюдаются. А в случае тонких кристаллов в этих направлениях интенсивности отражения значительно отличаются.

Как показано в [2, 3], размеры первой зоны Френеля в направлениях плоскости падения и перпендикулярно к ней определяются выражениями соответственно:

$$a=\frac{\sqrt{R\lambda}}{\sin\theta}, \quad b=\sqrt{R\lambda},$$

Для M_0K_a —излучения размеры отражающих плоскостей при толщине нитевидного кристалла $d=25\cdot10^{-4}$ см больше, чем размеры первой зоны, а при толщине $d=9\cdot10^{-4}$ см—меньше первой зоны Френеля.

Поэтому в первом случае ($d=25\cdot10^{-4}$ см) интенсивность отражения не зависит от плоскости отражения, а во втором ($d=9\cdot10^{-4}$ см)—зависит.

Таким образом, исследования интенсивности отражения от нитевидных кристаллов также показывают, что интенсивность отражения рентгеновских лучей в общем случае зависит от направления плоскости падения.

ЛИТЕРАТУРА

1 1. П. А. Безирганян, А. Г. Акритов, Кристаллография, том II, в. 2 (1966).

2. А. Г. Акритов. П. А. Безирганян, Изв. АН СССР, № 6 (1967).

Е 3. А. Г. Акритов, П. А. Безирганян, Изв. АН АрмССР, том XIII, № 5 (1960).

№ 4. А. Г. Акритов, А. П. Безирганян, Изв. АН АрмССР, том XIV, № 1 (1962).

5. Ю. С. Терминасов, Л. В. Тузов, УФН, т. XXXIII, 2, 223 (1964).

6. R. W. Torhune. Bull. Amer. Phys. Soc. 8, 359 (1963).

Г 7. А. Шавлов, УФН, 81, (4), 745 (1963).

 8. B. P. Stofchoff, International School of physics "Enrico Fermi", XXXI Course, August, 19-31 (1963).

ԱՆԿՄԱՆ ՀԱՐԹՈՒԹՅԱՆ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՃԱՌԱԳԱՑԹՆԵՐԻ ԱՆԳՐԱԴԱՐՁՄԱՆ ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒԹՅԱՆ ԿԱԽՄԱՆ ՓՈՐՁՆԱԿԱՆ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Գ. ԱԿՐԻՏՈՎ , Պ. Հ. ԲԵԶԻՐԳԱՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված է անդրադարձած ռենտգենյան Տառագայթների ինտենսիվության կախումը անկման հարթության ուղղությունից։ Ուսումնասիրված է ճկված և ապա ուղղված բյուրեղներից և թելանման բյուրեղներից անդրադարձած ռենտգենյան ճառագայթների ինտեսիվության կախումը անկման հարթության ուղղությունից։

Հետաղոտված է ինտենսիվության կախումը անկման հարթության ուղղությունից երկու փոխուղղահայաց ուղղություններով։ Հետաղոտությունը կատարված է ֆոտոմետրիկ և իոնիղացիշն եղանակներով։

Հետաղոտված են՝ կվարցի 5, դիպսի 10, փայլարի 10 և կվարցիտի 3 տարբեր բյուրեղներ։ Բոլոր ռենտգենյան նկարները ենթարկվել են ֆոտոմետրիայի և կազմված են համապատասխան դիադրամներ։

 Ճկումից հետո ուղղված բյուրեղների մոտ՝ կախված անկման հարթության ուղղությունից, անդրադարձման ինտենսիվությունը կրում է փոփոխություն։ Ինտենսիվությունը մեծ է, երբ անկման հարթությունն ուղղահայաց է ճկման առանցքին։

 Ροιωύδων ρητιροχύορη πρωχριτά ωνημωπωράδων ήνωνυσηματιθητών δυό έ, όρο ωνήδων ζωρβατθητών απιτρωσία έ βοιωνδων ρητιροπή ωπωνορήν.

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE DEPENDANCE OF THE INTENSITY OF X-RAY REFLECTION ON THE DIRECTION OF THE INCIDENCE PLANE

A. G. AKRITOV , P. H. BEZIRGANIAN

The dependance of the intensity of the reflected x-rays on the direction of the incidence plane is studied. Measurements of the intensity of reflection from crystals of guartz, gypsum, mica, calcite and whiskers of NaCl show that the intensity of reflection generally depends on the direction of the incidence plane, if the dimensions of the reflecting planes are of the order of the first Frehnel zone.