

УДК 548.733

Ս.Ա. БЕЗИՐԳԱՆՅԱՆ, Լ.Գ. ԳԱՍՔԱՐՅԱՆ,
Վ.Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Փ. ԿԱԻՅԱԼԻ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ РЕНТГЕНОВСКИХ ВОЛН, ДИФРАГИРОВАННЫХ В КРИСТАЛЛАХ

Экспериментально исследовано возникновение и распространение потоков дифрагированных рентгеновских волн в кристаллах при геометрии Брегга. Показано, что кроме брегговски отраженного пучка появляются еще два пучка, выходящих из торцевой поверхности кристалла при $\mu t = 15$. Появление этих пучков, имеющих маленький коэффициент поглощения, обусловлено проникновением в кристалл волн вне области полного отражения.

§1. Введение. Для рентгеноструктурных, рентгеноспектральных и рентгенодифракционных исследований несовершенств кристаллов и, в частности, для создания светосильных рентгеновских анализаторов и монохроматоров, а также фокусирующих элементов для рентгеновской микроэлектроники большое и важное значение имеет экспериментальное исследование возникновения и распространения потоков энергии рентгеновских волн, дифрагированных в кристаллах. Для этих целей особо важное значение имеет возникновение и распространение потоков при сочетаниях брегговских и лауэвских прохождений. Более того, как показывают проводимые опыты, исследование внешних воздействий на потоки дифрагированных рентгеновских волн может привести к эффектам, имеющим также важное научное и практическое значение для вышерассмотренных областей.

Теоретическое исследование вопроса потоков (без внешних воздействий) достаточно детально проведено во многих работах, в частности в работе [1]. В этой работе в двухволновом случае рассмотрены различные сочетания лауэвских и брегговских прохождений в плоско-волновом и сферическоволновом приближениях. На рис. 1 и 2 показаны различные сочетания лауэвского и брегговского прохождений.

Общей целью излагаемой работы является экспериментальное исследование возникновения и распространения потоков дифрагированных рентгеновских волн в условиях внешних воздействий в различных сочетаниях лауэвского и брегговского прохождений.

Однако здесь мы ограничимся изложением только результатов исследования брегг-лауэвского прохождения (рис. 1д).

§2. Проникновение рентгеновского излучения в кристалл при брегговском отражении от его поверхности. Вопрос проникновения рентгеновского излучения в кристалл при брегговском отражении исследован в работах [2-7]. В работе [2] были исследованы

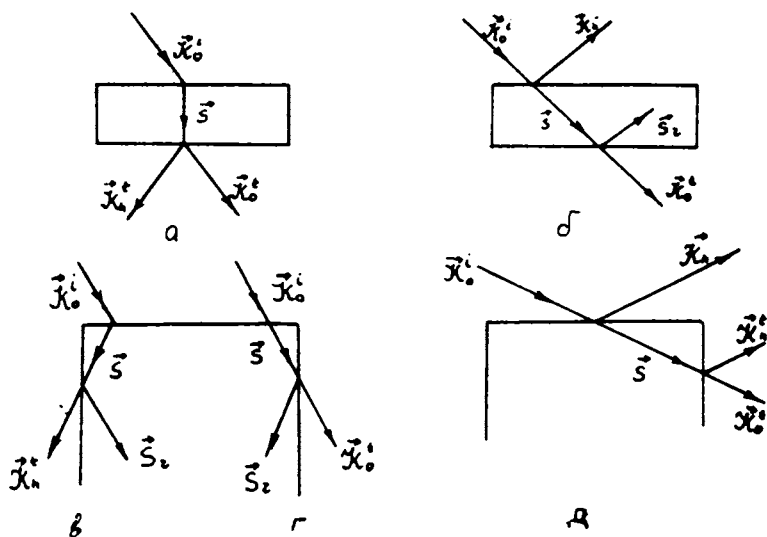


Рис. 1. Случай плоской волны: а) случай Лауэ-Лауэ, б) случай Брегг-Брегга, в и г) случай Лауэ-Брегга, д) случай Брегг-Лауэ.

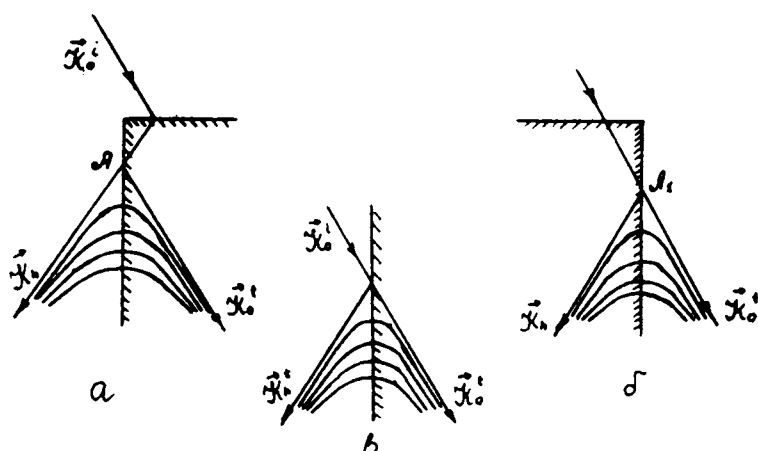


Рис. 2. Случай сферической волны: а в б) случай Лауэ-Брегга, в) случай Брегга.

случай Лауэ-Брегга и Брегг-Лауэ. Авторы этой работы исследовали веер лучей, образованный в кристалле, когда на него падает рентгеновское излучение. Они экспериментально показали, что вблизи полного отражения на совершенном кристалле часть энергии проникает во внутрь кристалла и распространяется по вполне определенной траектории в зависимости от угла падения. Однако авторы не располагали монохроматической плоской волной и поэтому не смогли провести исследование в зависимости от угла падения. В работе [3] детально теоретически и экспериментально исследован случай Лауэ-Брегга (рис. 1д) в зависимости от угла падения с использованием схем, описанных в [6-9]. Они качественно и количественно описали явление Брегг-Лауэвского

прохождения в частном случае выхода энергии из нижней грани кристалла (рис.1д).

В работе [4] исследована дифракция от непоглощающих совершенных кристаллов при конфигурации Брегг-Лауэ. Получены теоретические выражения для интенсивности пучков, выходящих из торцевой поверхности кристалла при нулевом поглощении. Исследовано влияние асимметрии на интенсивность этих пучков. Экспериментально доказано существование таких пучков при нейтронной дифракции.

Нами ранее [5] исследован случай Брегг-Лауэ в зависимости от степени монохроматичности первичного пучка (асимметричности отражения монохроматора) и асимметричности отражения исследуемого кристалла. В этой работе исследовано также формирование потоков при динамическом и кинематическом рассеянии. В работах [6,7] были исследованы потоки энергии волн, дифрагированных по Лауэ в параллелепипедальных и клинообразных кристаллах, утоньшение которых было направлено по нормали к входной поверхности.

Здесь мы изложим результаты исследования проникновения рентгеновского излучения в кристалл при брегговском отражении от его поверхности в условиях внешних воздействий. Будут также изложены результаты угловых расхождений кривых качаний брегговских и лауэвских отражений.

§2.1. Кривые качания потоков брегговского отражения и его компонентов.

Для однозначной интерпретации полученных экспериментальных результатов необходимо первым делом выяснить вопрос характера распределения интенсивности по направлениям в первичном падающем пучке в зависимости от размеров источника, способа монохроматизации и коллимации этого пучка.

Если пучок выходит из точечного источника, то он может иметь расходимость и составлять разные углы с поверхностью входа кристалла (с поверхностью падения) в разных точках, вернее на разных расстояниях от центральной точки падения. На каждую точку входной поверхности первичный пучок падает только в одном направлении (см. рис.3а). Если пучок выходит из источника конечных размеров, то он может иметь расходимость и сходямость. На одну и ту же точку поверхности падают лучи в различных направлениях (см.рис.3б).

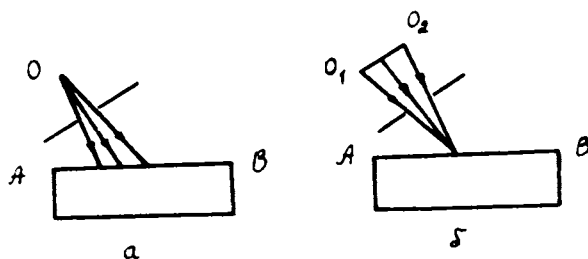


Рис. 3. а) Лучи, выходящие из точечного источника O , падают на входную поверхность AB кристалла. б) Лучи, выходящие из источника конечных размеров O_1O_2 , падают на одну точку входной поверхности AB .

Когда первичный пучок монохроматизируется методом Отье [10], то распределение интенсивности монохроматизированного пучка зависит от толщины и поглощения монохроматора [11], как это показано на рис.4а и 4б.

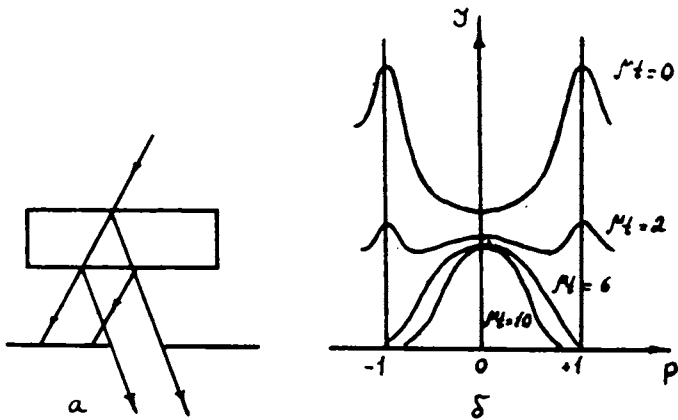


Рис. 4. а) Монохроматор Отье; б) распределение интенсивности в монохроматизированном пучке в зависимости от μt , где μ — линейный коэффициент поглощения, а t — толщина кристалла.

В случае монохроматизации брегговским отражением распределение интенсивности в монохроматизированном пучке (расходимость пучка) зависит от угла Брега и асимметричности отражения. Таким образом мы приходим к выводу, что первичные пучки в зависимости от случая имеют или расходимость (сходимость), или неравномерное распределение интенсивности на своих поперечных сечениях, или и то и другое одновременно, чем нельзя пренебречь при исследовании проникновения в кристалл первичного пучка при брегговском отражении.

Основной проблемой наших исследований является выяснение вопроса, при каких обстоятельствах какая часть (по направлению и интенсивности) первичного пучка при брегговском отражении проникает во внутрь кристалла. На пути решения этой проблемы, по-видимому, необходимо сначала выяснить, при каких углах падения первичного пучка интенсивности брегговского и лауэвского отражений (K_h^r , K_0^t и K_h^t , рис.5) принимают максимальные значения под одним и тем же углом падения или под разными.

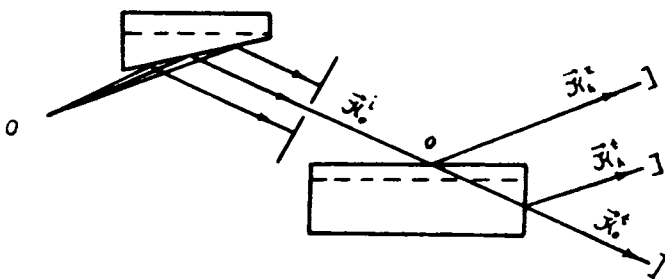


Рис. 5. Одновременная регистрация интенсивностей всех отражений.

Для этой цели экспериментально были исследованы кривые качания отражений K_h^r , K_h^t и K_0^t . Кристалл качался вокруг оси, проходящей через точку O (рис.5) перпендикулярно к плоскости чертежа и лежащей на входной поверхности кристалла (параллельно отражающим плоскостям). Интенсивности пучков K_h^r , K_h^t и K_0^t регистрировались отдельными регистраторами одновременно. Кривые качания, показанные

на рис.6, показывают, что максимальные значения интенсивностей лауэвских отражений K_h^i и K_0^i (рис.6б и 6в) смещены относительно максимального значения брегговского отражения K_h^i (см.рис.6а) примерно на $2''-2,5''$.

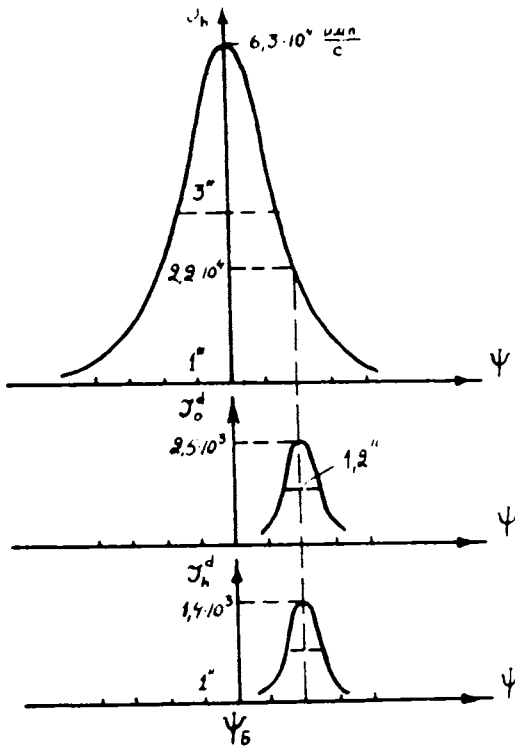


Рис. 6. Кривые качаний пучков $K_h, K_0^d \equiv K_h^d$.

Основные результаты исследования кривых качания следующие.

1. При брегговском отражении первичный пучок проникает во внутрь кристалла и одновременно возникает лауэвское отражение (без качания) только в том случае, когда расходимость первичного пучка больше, чем угловая ширина полного внутреннего (внешнего) брегговского отражения.
2. При монохроматизации первичного пучка по Отье в случаях толстых монохроматоров лауэвское отражение исчезает (без качания), расходимость монохроматизированного падающего пучка уменьшается.
3. При монохроматизации первичного пучка отражением от поверхности кристалла с увеличением его асимметричности расходимость монохроматизированного пучка уменьшается и лауэвское отражение (без качания) исчезает.
4. При качании кристалла независимо от степени расходимости монохроматизированного пучка возникает лауэвское отражение.
5. Величина углового смещения кривых качания лауэвских компонентов относительно брегговского не зависит от величины расходимости пучка, падающего на исследуемый кристалл.

Научно-исследовательская лаборатория
РКВ ЕГУ

Поступила 24.09.1991

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Azaroff L.V., Kaplow R., Kato N., Weiss R.J., Wilson A.C., Young K.A. X-ray diffraction.—Mc.Grow-Hill, New-York, 1974.
2. Bormann G., Hildebrandt G., Wagner H. —Zeitschrift fur Physik, Bd.142, s.406-414, 1955.
3. Par A. Authier. —Le journal de physique et le radium. Tome 23, N11, 1962.
4. Wach G.J. —Physics letters A, v.121, N1, 1987.
5. Беэиргаңян П.А., Гаспарян Л.Г., Мкртчян В.П. —Уч.зеп.ЕГУ, 1989, N2, с.171.
6. Aslanian V.G., Bezirgianian P.H., Bezirgianian A.P. —Cryst.Res.Tecnolog., v.23, N5, 1988.
7. Aslanian V.G., Bezirgianian P.H., Bezirgianian A.P. —Cryst.Res.Tecnolog., v.6, 1988.
8. Authier A. —Bull.Soc.Franc.Miner., 1961, v.84, p.51.
9. Authier A. —G.C.R. Acad.Sc., 1961, v.253, p.1254.
10. Authier Par A. Bases of the Dinamical Theory of X-ray Diffraction.—Acta Geologica et Geographica Universities Comenianse, Bratislava, 1968, v.14, pp.11-42.
11. Kato N. A Theoretical Study of Pendellösung Fringes. Part 2. Detailed Discussion Based Upon a Spherical-Wave Theory.—Acta Cryst., 1961, v.14, pp.627-636.

Պ.Հ.ԲԵԶԻՐԳԱՆՅԱՆ, Լ.Գ.ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Վ.Պ.ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Ֆ.ԿԱՅԻԱԼԻ

ԲՅՈՒՐԵՂՈՒՄ ԴԻՖՐԱԿՑԿԱԾ ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՀՈՍԵՒ ՓՈՐՉԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Փորձնականորեն հետապնդված էլ դիֆրակցված ռենտգենյան ճառագայթների էներգիայի հոսքը՝ կատարյալ բյուրեղներում բրեգյան երկրաչափության դեպքում: Ցույց է տրված, որ բացի անդրադարձած փնջից առաջանում են ևս երկու փնջեր, որոնք դուրս են գալիս բյուրեղի ճակատային մակերևույթից $\mu t = 15$ պայմանի դեպքում: Այդ փնջերի առաջացումը պայմանավորված է բյուրեղի մեջ այն ալիքների ներթափանցումով, որոնք ունեն փոքր կլանման գործակից և շեղված են ճիշտ Բրեգի անկյունից:

P.H. BESIRGANIAN, L.G. GASPARIAN,
V.P. MKRTCHIAN, F. KAYIALY

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF X-RAY FLOW DIFFRACTED IN THE CRYSTAL

S u m m a r y

The energy flow of diffracted X-rays in perfect crystals has been investigated experimentally in Bragg case diffraction. It has been shown that besides the diffracted beam two more beams appear, which in case $\mu t = 15$ protrude from the frontal side of the crystal.

The appearance of these beams is due to penetration of such waves into the crystal, which have a small absorption coefficient and deviate from the right Bragg angle.