548.732(049.3)

МНОГОВОЛНОВАЯ ДИФРАКЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ В КРИСТАЛЛАХ

Shin-Lin Chang. Multiple Diffraction of X-Rays in Crystals.— Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1984.— 300 p.

Динамическая теория дифракции рентгеновских лучей совсем недавно стала предметом монографий. Действительно, до последнего времени в мировой литературе существовала, пожалуй, только одна книга, посвященная целиком изложению динамической дифракции. Это книга З. Г. Пинскера [1] и ее второе издание [2]. И если в книге Пинскера только последняя из 12 глав посвящена изложению эффектов многоволновой дифракции, то рецензируемая книга Ш. Л. Чанга целиком посвящена этой теме. Появление книги закономерно, поскольку в последние десять лет в этой области наблюдается переход от исследований, посвященных наблюдению особенностей многоволновой дифракции, к разработке схем многоволновой дифракции, направленных на изучение структуры идеальных и искаженных кристаллов. Значительные успехи достигнуты в разработке методов определения фаз структурных амплитуд, межплоскостных расстояний, слабых деформаций кристаллической решетки и др.

Книга имеет следующую структуру: две последние главы (6 и 7) посвящены изложению результатов экспериментальных исследований основных эффектов многоволновой дифракции и обсуждению методик исследования кристаллов (определение структуры кристаллов, топография, интерферометрия, монохроматизация пучков и т. д.). Гл. 5 посвящена изложению приближенных и точных методов расчета схем многоволновой дифракции. Остальные главы являются вводными, в них излагаются общие вопросы кинематической и динамической теорий дифракции. Отличительная особенность книги в том, что значительная часть материала основана на оригинальных исследованиях автора.

Обсудим распределение материала книги по главам. Гл. 1 «Введение» посвящена краткому историческому обзору и обсуждению структуры книги. В гл. 2 обсуждаются общие аспекты многоволновой дифракции, экспериментальные методы исследования многоволновой дифракции, методики идентификации пиков многоволновой картины дифракции, зависимость числа дифрагированных волн от симметрии кристаллической решетки в компланарной и некомпланарной геометриях дифракции.

Гл. 3 посвящена обсуждению кинематической теории двухволновой дифракции. Введена система уравнений, связывающая интенсивности дифрагированных волн в кристалле. Коэффициенты связи этой системы определяются линейными коэффициентами отражения и функцией распределения блоков мозаики по направлениям векторов обратной решетки. Обсуждаются методы решения указанной системы уравнений для случая плоскопараллельной пластинки и многослойных кристаллических структур.

Гл. 4 посвящена изложению основ динамической теории дифракции рентгеновских лучей в идеальных кристаллах.

Гл. 5 является непосредственным продолжением гл. 4 и посвящена методам решения уравнений многоволновой дифракции. Детально обсуждается двухволновое приближение трехволновой дифракции. Изложена процедура численного расчета схем многоволновой дифракции. Исследованы специальные случаи дифракции: дифракция вблизи края поглощения, крайне асимметричная двухволновая дифракция, дифракция в поле звуковой волны.

Гл. 6 книги посвящена обсуждению основных эффектов многоволновой дифракции. Приведены результаты экспериментальных исследований эффекта непрямого (или окольного) возбуждения в кристаллах GaAs, InAs, InP по методу Реннингера. Приведено детальное сопоставление расчетных и экспериментально наблюдаемых характеристик для многоволнового эффекта Борманна при трех- и четырехволновой дифракции. Описывается методика наблюдения эффекта просветления по схеме Реннингера с веерообразным пучком, ширина которого по углу падения значительно превосходит ширину двухволновой симметричной кривой отражения, а по азимутальному углу — у́же ее. В этом случае по мере прохождения области многоволновой дифракции в интенсивности симметричного брэгговского отражения наблюдается последовательное появление минимума и максимума. Приведены результаты численных расчетов этой схемы дифракции и их сопоставление с результатами экспериментов.

Гл. 7 книги посвящена обсуждению приложений многоволновой дифракции к исследованию структуры кристаллов. Значительное место здесь занимает обсуждение приложений метода многоволновой рефлектометрии к определению фаз структурных амплитуд в центросимметричных и нецентросимметричных кристаллах. Изложены методика и результаты экспериментов по определению фаз структурных амплитуд для ряда кристаллов. Обсуждаются рентгенодифракционные методы измерения межплоскостных расстояний (a) в кристаллах и степени их деформации (Δa) в тонких эпитаксиальных пленках. В последнем случае существенное преимущество многоволновой дифракции заключено в возможности одновременного измерения $\Delta a_{\perp}$ и $\Delta a_{\parallel}$, т. е. изменений периода решетки в пленке параллельно и перпендикулярно границе раздела пленки и подложки. Изложены принципы многоволновой топографии, интерферометрии, монохроматизации пучков. Приводятся результаты соответствующих экспериментальных исследований. В заключительных разделах книги обсуждаются перспективы использования многоволновой дифракции для исследования свойств кристаллов, поверхностных слоев, биологических объектов.

Таким образом, книга знакомит нас с многими задачами многоволновой дифракции рентгеновских лучей. Содержащиеся в ней сведения полезны как для тех, кто непосредственно работает в этой области, так и для тех, кто начинает знакомиться с отдельными аспектами рассмотренного здесь широкого круга вопросов.

А. В. Андреев

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пинскер З. Г. Динамическое рассеяние рентгеновских лучей в идеальных кристаллах.— М.: Наука, 1974.
2. Пинскер З. Г. Рентгеновская кристаллооптика.— М.: Наука, 1982.