

атомами кристалла Р. и. наблюдается *дифракция рентгеновских лучей* — рентг. пучок расщепляется, возникают дифракц. пучки (в направлениях, определяемых *Брэгга — Вульфа условиями*). На этом явлении основан *рентгеновский структурный анализ*.

Р. и. на границе раздела двух сред разл. *диэлектрической проницаемости* преломляется. Вследствие малости длины волны Р. и. показатель преломления вещества в рентг. области спектра очень близок к единице (меньше единицы на $\sim 10^{-5}$ — 10^{-6}). В результате этого фазовая скорость Р. и. в веществе превосходит скорость света в вакууме. При точных измерениях углов дифракции Р. и. отличие показателя преломления от единицы приводит к усложнению вида условия Брэгга — Вульфа, к-рое установлено в предположении, что зависимость показателя преломления от λ можно пренебречь. Однако вблизи краёв поглощения атомов кристалла-анализатора наблюдается аномальная дисперсия, при к-рой отступления от условия Брэгга — Вульфа становятся значительными (см. *Дисперсионная поверхность*). В связи с тем, что для Р. и. показатель преломления меньше единицы и вакуум (или воздух) является оптически наиб. плотной средой, при падении рентг. луча под малым углом скольжения из вакуума на гладкую поверхность вещества происходит полное внешнее отражение этого луча. С возрастанием угла скольжения оно исчезает при нек-ром критич. значении угла θ_c . С возрастанием λ этот угол увеличивается. На явлении полного внеш. отражения основано устройство рентг. телескопов (см. *Рентгеновская астрономия*) и нек-рых *рентгеновских микроскопов*. Для отражения Р. и. под большими углами (до угла скольжения $\sim 90^\circ$) используют спец. многослойные микроструктуры (зеркала); коэф. отражения такого зеркала достигает неск. десятков процентов.

Применение оптич. линз в рентг. области спектра невозможно вследствие большого поглощения Р. и. в материале линз и незначит. отличия показателя преломления от единицы. Для фокусировки Р. и. могут быть использованы зонные пластинки (см. *Рентгеновская оптика*). Однако в связи с малыми значениями длины волны Р. и. размеры этих пластинок также очень малы (от 20 мкм до неск. мм); число их колец — неск. сотен, расстояние между соседними внеш. кольцами — десятые доли мкм. Такие пластинки изготавливают с помощью *рентгеновской литографии*.

Рентгеновский интерферометр также отличается от всех видов оптич. интерферометров. Он представляет собой параллелепипед из монокристалла Si с двумя углублениями одинаковой ширины, параллельными двум противоположным сторонам параллелепипеда, т. е. образует 3 параллельные пластинки Si на общей основе (в виде буквы Ш), атомные плоскости к-рых строго параллельны, в частности перпендикулярны их поверхностям. Если под углом Брэгга к этим плоскостям направить на ниж. пластинку узкий луч Р. и., то он частично пройдёт эту пластинку в осн. направлении, частично дифрагирует в ней, изменяя направление, т. е. первичный луч разделится на два (пластинка наз. делителем лучей). Оба луча затем попадут на ср. пластинку (зеркало) и дифрагируют в ней; на третьей же пластинке (т. н. анализаторе) лучи сойдутся в одну точку. Один из этих лучей проходит через анализатор, не изменяя своего направления, другой — дифрагирует в нём, после чего оба луча получают одно направление, интерферируют один с другим и регистрируются детектором. Если на пути одного из расщеплённых лучей поставить пластинку из исследуемого материала, то число длин волн этого луча внутри пластинки изменится, что скажется на числе максимумов интерференции выходящего луча. Таким методом можно измерить отличие показателя преломления от единицы с точностью до 4 значащих цифр. С помощью двух связанных

между собой интерферометров — рентгеновского и *интерферометра Фабри — Перо* было найдено значение 1-й усл. единицы измерения длины волны Р. и. — т. н. X-единицы ($1 X = 1,0020802 \cdot 10^{-4}$ нм). Рентг. интерферометр позволяет выполнять особо точные измерения параметров кристаллич. структуры, определять малые механич. напряжения в кристаллах, показатели преломления Р. и. в разл. веществах.

Для получения рентг. спектров используют дифракцию Р. и. от монокристаллов; причём, согласно условию Брэгга — Вульфа, может быть получен рентг. спектр при $\lambda < 2d$ (где d — межплоскостное расстояние; применяемые в рентг. спектроскопии кристаллы имеют разл. значения $2d \leq 2,6$ нм); при $\lambda > 2,6$ нм могут быть использованы многослойные микроструктуры, к-рые, однако, обеспечивают лишь сравнительно незначит. разрешение. Диспергирующим элементом для получения спектров с Р. и. в области $1 < \lambda < 100$ нм служат *дифракционные решётки* со скольжением при падении Р. и. под углом в неск. градусов. Такие решётки обычно изготавливают нарезанием штрихов профилиров. алмазным резцом, причём число штрихов доходит до 1200 на 1 мм. Резец передвигается от штриха к штриху с помощью прецизионных винтов, что неизбежно накладывает на решётку дополнит. периодичность, в результате чего в спектре появляются ложные линии, называемые дублями. Этого недостатка избегают решётки, изготовленные литографич. методами; с их помощью получают дифракц. решётки с числом штрихов до 6000 на 1 мм.

Характеристич. Р. и. рентг. трубки не поляризовано, тормозное — частично поляризовано, причём вблизи квантовой границы его спектра коэф. поляризации приближается к 100%. При дифракции характеристич. Р. и. в кристалле возникает поляризация, зависящая от угла Брэгга θ и приближающаяся к 100% при $\theta = 45^\circ$, т. е. когда угол между падающим и дифрагированным лучами равен 90° .

Регистрация рентгеновского излучения. Для регистрации Р. и. используют чаще всего спец. рентг. фотоплёнку (см. *Рентгенограмма*). Т. к. жёсткое Р. и. обладает значит. проникаемостью, фотоплёнка содержит повыш. кол-во AgBr и выполняется двусторонней. Для определения отношения интенсивностей линий спектра или распределения интенсивностей в дифракц. картине по их фотоснимку используют микрофотометры и сенситометрич. кривую зависимости логарифмич. фотоплотности от интенсивности Р. и. При больших интенсивностях их измеряют с помощью *ионизационной камеры*, при средних и малых интенсивностях — с помощью к.-л. пропорционального детектора. Амплитуда регистрируемого сигнала в последних пропорциональна энергии фотона, что позволяет использовать эти приборы в сочетании с многоканальным амплитудным анализатором импульсов в качестве рентг. спектрометров. Для регистрации Р. и. служат сцинтилляц. счётчики [при $\lambda < 0,3$ нм; кристаллы NaI(Tl), относит. разрешение $\sim 50\%$ (в области $\lambda \approx 0,15$ нм)], пропорциональные счётчики отпаянного или проточного типа [при $0,1 < \lambda < 10$ нм; относит. разрешение $\sim 15\%$ (в области $\lambda \approx 0,15$ нм)], вторично-электронные или каналовые электронные умножители открытого типа с входным фотокатодом (при $\lambda > 1$ нм), полупроводниковые детекторы [при $\lambda < 1$ нм; кристаллы Si(Li) или Ge(Li), относит. разрешение $\sim 2,5\%$ (в области $\lambda \approx 0,15$ нм)]; см. *Детекторы частиц*. Используют также координатно-чувствительные детекторы типа микроканальных пластин или приборов с зарядовой связью, с помощью к-рых линейчатый спектр можно зарегистрировать на ленте самописца в виде записи с правильным относит. расположением линий и правильными относит. амплитудами этих линий.

Применение рентгеновского излучения. Наиб. широкое использование Р. и. нашло в медицине (для рентгенодиагностики и рентгенотерапии нек-рых заболе-