



РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ, ИХ ПРИРОДА И СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

ДОБРЫНИНА М. В.

ГРУППА

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

- Представляют собой разновидность электромагнитных излучений. Рентгеновские лучи и близкие к ним γ -лучи отличаются от видимого света тем, что они обладают высокой энергией квантов в сотни тысяч раз большей, чем энергия квантов видимого света.
- Благодаря высокой энергии квантов эти лучи приобретают весьма ценные в промышленной дефектоскопии свойства — проникать через значительные толщи оптически непрозрачных материалов.
- Рентгеновские лучи распространяются по прямым линиям со скоростью 10^{10} см/сек. Обладая высокой проникающей способностью, эти лучи свободно проходят через металлические и неметаллические предметы, воздействуют на фотопластинку и вызывают свечение некоторых веществ.

Источником рентгеновских лучей является рентгеновская трубка, состоящая из стеклянного баллона, внутри которого выкачан воздух. В баллон впаяны два электрода — катод и анод. В качестве катода принята тонкая вольфрамовая спираль, закрепленная в фокусирующей чашечке; анодом является вольфрамовая пластинка, расположенная под углом 45 к оси трубки и закрепленная на полом медном стержне с каналом внутри для подвода охлаждающей жидкости.

Спираль катода подключают к источнику питания. При прохождении электрического тока спираль катода раскаляется и начинает испускать свободные электроны (явление термоэлектронной эмиссии). В это время на электроды трубки подается высокое напряжение, под действием которого свободные электроны устремляются к положительно заряженному аноду. Быстро летящие от катода электроны сталкиваются с материалом анода и в результате резкого торможения часть их кинетической энергии превращается в рентгеновское излучение. Торможение электронов у анода происходит неодинаково. Большое количество электронов при торможении полностью превращает свою кинетическую энергию в тепловую и лишь небольшая часть энергии из всего потока электронов превращается в энергию рентгеновского излучения.

Скорость движения электронов и их кинетическая энергия будут тем больше, чем выше напряжение на электродах трубки. Эта скорость вычисляется из уравнения, в котором

ПРИРОДА И СВОЙСТВА РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

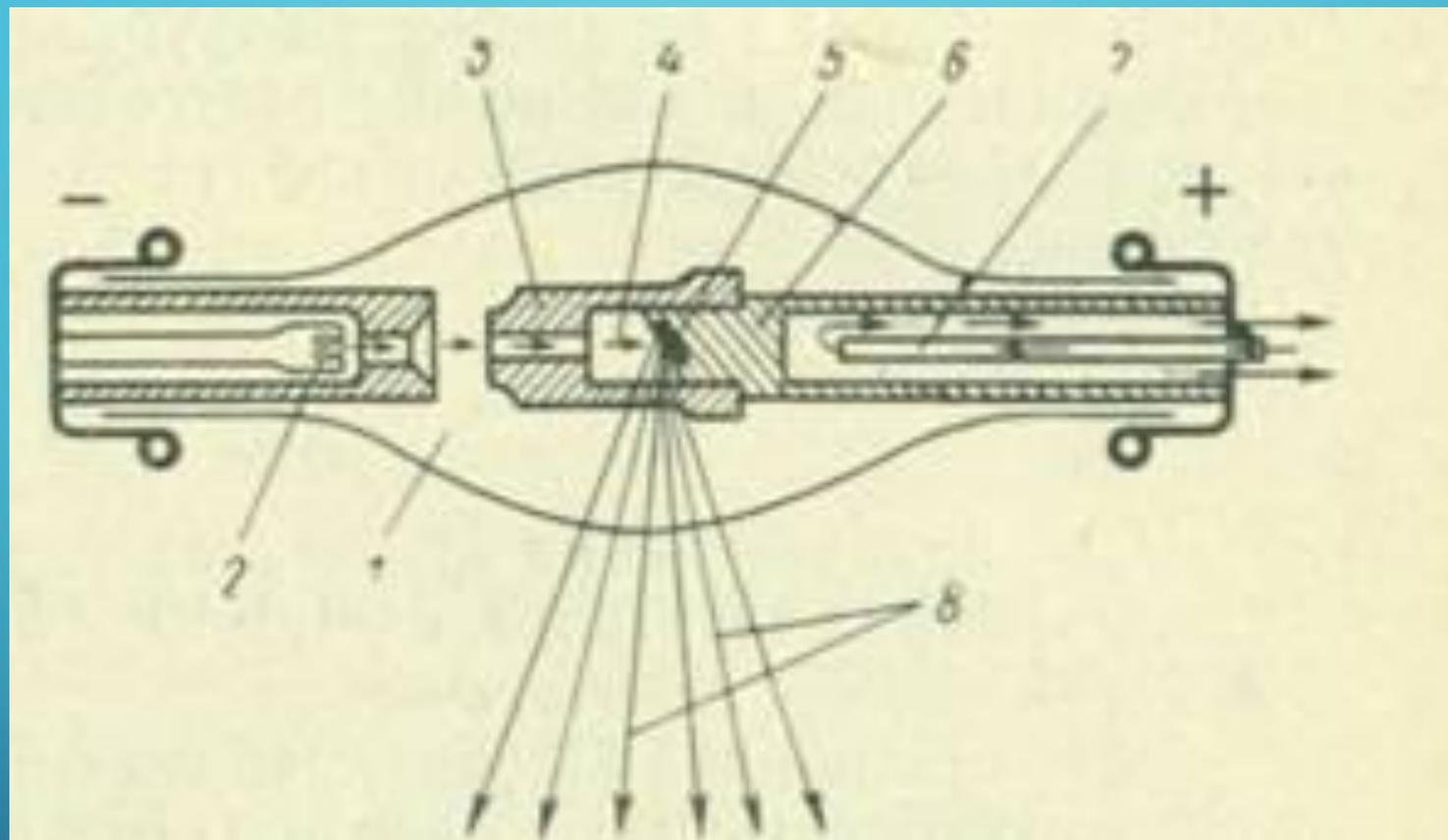


Схема рентгеновской трубки:

1 — стеклянный баллон; 2 — катод-вольфрамовая спираль; 3 — анодный чехол; 4 — поток электронов; 5 — вольфрамовая пластинка; 6 — анод; 7- труба для подвода охлаждающей жидкости; 8 — пучок рентген

Интенсивность рентгеновских лучей определяется количеством электронов, тормозящихся у анода, в единицу времени. Эффективность генерации рентгеновских лучей определяется из уравнения

Из этого уравнения следует, что эффективность генерации рентгеновских лучей будет тем выше, чем выше атомный вес материала анода и чем выше напряжение на трубке.

Минимальная длина волны рентгеновского излучения соответствует максимальной энергии кванта и может быть получена из уравнения

По известной длине волны рентгеновского излучения можно также определить и эффективное напряжение, соответствующее данному излучению.

Рентгеновские излучения сплошного спектра с короткой волной называются жесткими, а с длинной волной — мягкими.

Путем регулирования накала спирали на катоде и напряжения на электродах трубки получают рентгеновское излучение различной интенсивности и жесткости.

Виды радиоактивных излучений. Все радиоактивные излучения, образующиеся при распаде ядер некоторых химических элементов, представляют собой заряженные ядерные частицы, электромагнитные и электрически нейтральные излучения. К заряженным ядерным частицам относятся электроны, позитроны, дейтроны, α -частицы, протоны и др., а к электромагнитным излучениям относятся γ -кванты.

α -излучения обладают незначительной проникающей способностью в материалах, имеют положительный заряд и отклоняются в электрическом поле в сторону отрицательного полюса. При взаимодействии с газовой средой вызывают ее ионизацию — это свойство α -излучений используется в устройствах контроля состава вещества газовым анализом.

β -излучения возникают при радиоактивном распаде и представляют собой электроны, испускаемые ядром атома с огромной скоростью, достигаемой скорости света. При соударении с веществом (β -частицы взаимодействуют с электронами и ядрами атомов вещества. Столкновение β -частиц с электронами атома вызывает потерю энергии этих частиц на ионизацию атомов вещества, а при соударении β -частиц с ядрами возникает тормозное рентгеновское излучение.

γ -излучение представляет собой квантовое излучение, испускаемое ядром атома, при радиоактивном распаде элементов.

Благодаря огромной энергии, которая достигает десятков миллионов электрон-вольт, γ -лучи обладают большой проникающей способностью, что позволяет использовать их для исследований физико-механических свойств материалов в различных отраслях промышленности.

γ -лучи по своей природе подобны рентгеновским лучам, они не отклоняются ни в электрическом, ни в магнитном поле.

РЕНТГЕНОАНАЛИЗ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

- С открытием дифракции рентгеновских лучей в распоряжении исследователей оказался метод, позволяющий без микроскопа изучить расположение отдельных атомов и изменения этого расположения при внешних воздействиях.
- Основное применение рентгеновских лучей в фундаментальной науке – структурный анализ, т.е. установление пространственного расположения отдельных атомов в кристалле. Для этого выращивают монокристаллы и проводят рентгеноанализ, изучая как расположения, так и интенсивности рефлексов. Сейчас определены структуры не только металлов, но и сложных органических веществ, в которых элементарные ячейки содержат тысячи атомов.
- В минералогии методом рентгеноанализа определены структуры тысяч минералов и созданы экспресс-методы анализа минерального сырья.
- У металлов сравнительно простая кристаллическая структура и рентгеновский метод позволяет исследовать ее изменения при различных технологических обработках и создавать физические основы новых технологий.

РЕНТГЕНОАНАЛИЗ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

- По расположению линий на рентгенограммах определяют фазовый состав сплавов, по их ширине – число, величину и форму кристаллов, по распределению интенсивности в дифракционном конусе – ориентировку кристаллов (текстуру).
- С помощью этих методик изучают процессы при пластической деформации, включающие в себя дробление кристаллов, возникновение внутренних напряжений и несовершенств кристаллической структуры (дислокаций). При нагреве деформированных материалов изучают снятие напряжений и рост кристаллов (рекристаллизация).
- Наибольшее технологическое значение имеют рентгеновские исследования термической обработки стали. При закалке (быстром охлаждении) стали происходит бездиффузионный фазовый переход аустенит – мартенсит, что приводит к изменению структуры от кубической к тетрагональной, т.е. элементарная ячейка приобретает форму прямоугольной призмы. На рентгенограммах это проявляется как расширение линий и разделение некоторых линий на две. Причины этого эффекта – не только изменение кристаллической структуры, но и возникновение больших внутренних напряжений из-за термодинамической неравновесности мартенситной структуры и резкого охлаждения. При отпуске (нагреве закаленной стали) линии на

РЕНТГЕНОАНАЛИЗ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

- В последние годы большое значение приобрели рентгеновские исследования обработки материалов концентрированными потоками энергии (лучами лазера, ударными волнами, нейтронами, электронными импульсами), они потребовали новых методик и дали новые рентгеновские эффекты. Например, при действии лучей лазера на металлы нагрев и охлаждение происходят настолько быстро, что в металле при охлаждении кристаллы успевают вырасти только до размеров в несколько элементарных ячеек (нанокристаллы) или вообще не успевают возникнуть. Такой металл после охлаждения выглядит как обычный, но не дает четких линий на рентгенограмме, а отраженные рентгеновские лучи распределены по всему интервалу углов скольжения.
- После нейтронного облучения на рентгенограммах возникают дополнительные пятна (диффузные максимумы). Радиоактивный распад также вызывает специфические рентгеновские эффекты, связанные с изменением структуры, а также с тем, что исследуемый образец сам становится источником рентгеновского

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ

