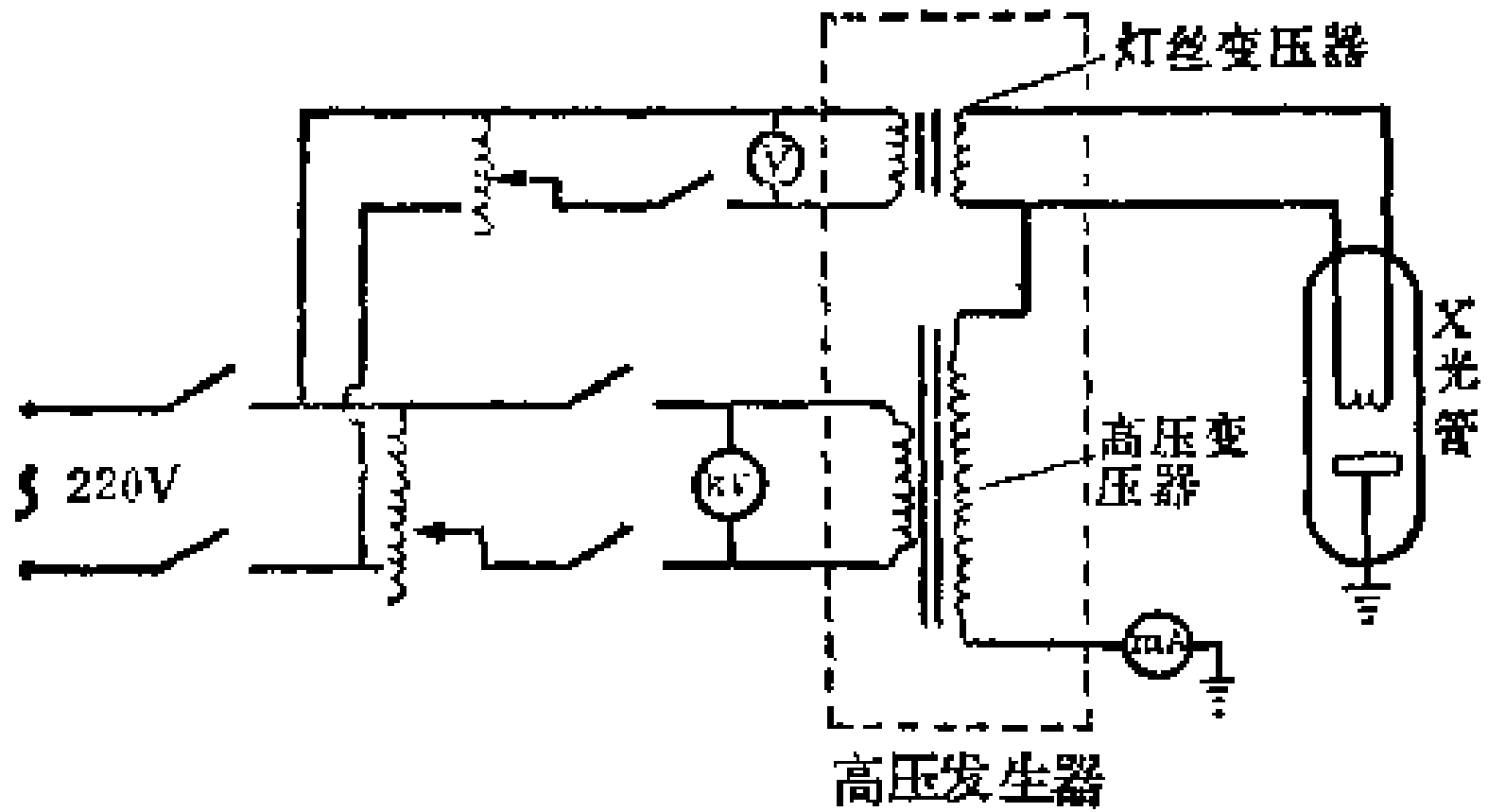


§ 6-2 X-ray 的产生及其性质

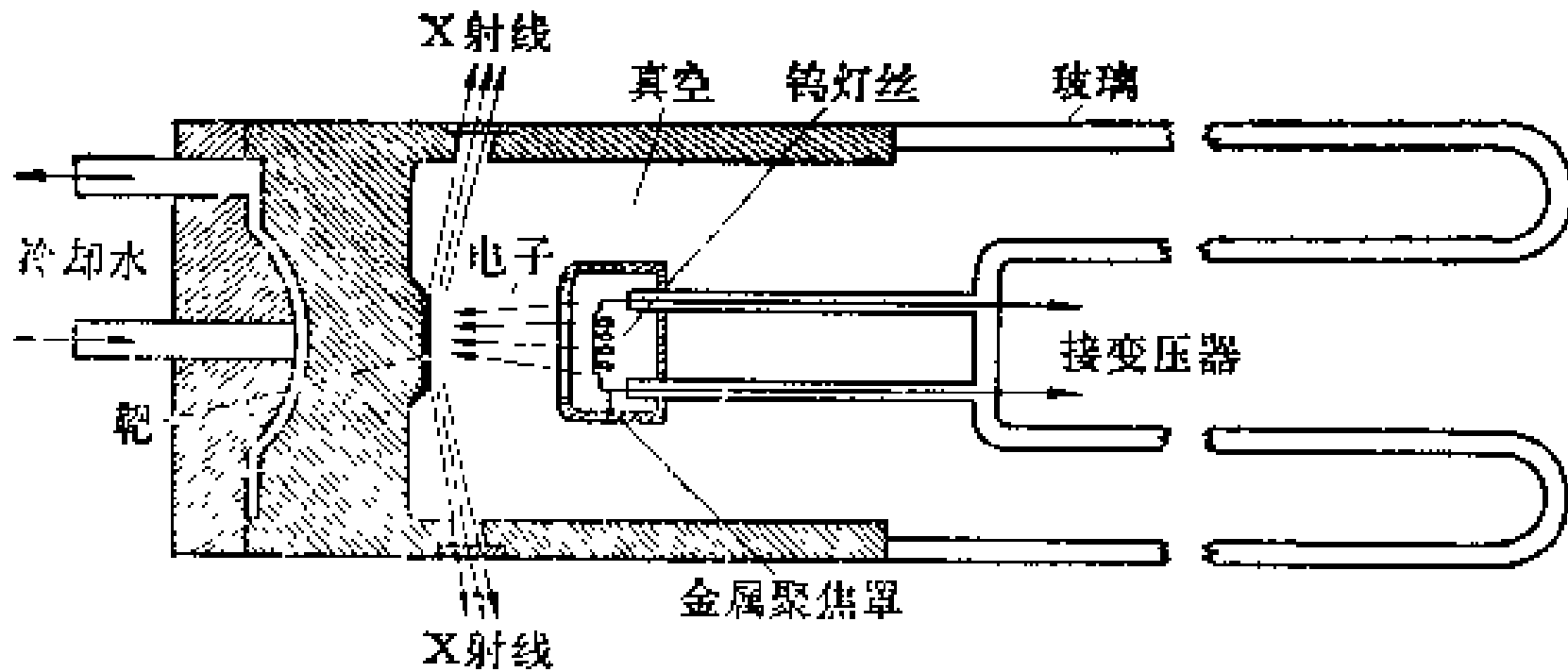
1. X-ray 的产生

在适当高真空的条件下($10^{-5}\sim 10^{-7}\text{mmHg}$), 高速电子流受金属靶(对阴极)的拦截即可得到X-射线。此中包括三个条件:

- (a) 产生自由电子(如通过烧灯丝, 热发射自由电子)。
- (b) 通过高压电 (一般高压范围为 $10^1\sim 10^2$ 千伏)使自由电子加速, 由阴极射向阳极(对阴极)。
- (c) 通过“对阴极”的金属靶对高速电子实行拦截。



X光机的简单电路图



封闭式X光管的结构图

X-ray 管阴极放出的热电子在高压电场（不同金属的阳极靶都有其临界电压，超过此电压可产生特征 X-ray，如Cu靶的临界电压为8.981kV，但随着管电压的加高，特征X-ray 的强度大幅度增强，所以，Cu 的工作电压为 30~40kV）作用下撞到X-ray源的阳极靶上，大部分动能转化为热（需冷却水），小部分却会产生连续X-ray。

2. X-ray 的波长范围

范围：约1—1000pm(0.01—100Å)之间的电磁波。

用于测定晶体结构的 X-ray:

波长为：50—250pm(0.5—2.5 Å)，此波长范围与
晶体点阵面间距大致相当。

因由：由布拉格方程：

$$2d\sin\theta=n\lambda$$

可知，小于0.05nm(50pm)的波长的X-ray,其衍射线将过分集中在低角度区，不易分辨；而大于0.25nm(250pm)的X-ray又易被样品和空气所吸收，衍射线强度降低。

医学上： 1—400pm(0.01—4Å)(波长较短，穿透能力较强), hard(硬), 对人体有伤害

X射线分析： 400—10000pm(4—100Å)(波长较长, 穿透能力较低), soft(软), 对人体组织伤害更大

3. X-ray 的类别 (两类)

由X-射线管产生的X-射线包含两部分:

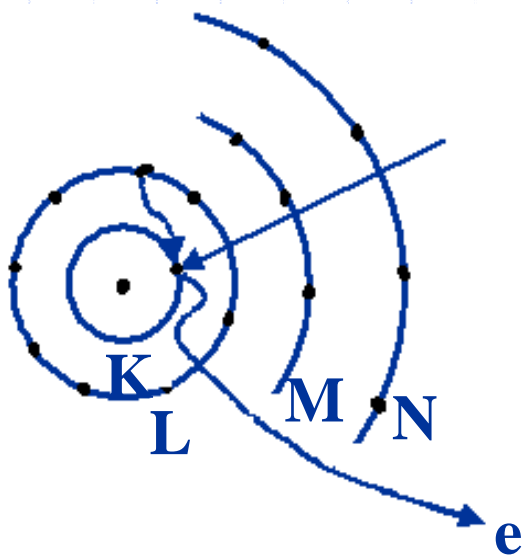
一部分是具有连续波长的“白色”X射线

一部分是由阳极金属材料成分决定的、波长确定的
特征X射线

(1). 白色X射线——具有连续波长。由于电子与阳极物质撞击时，穿过一层物质，降低一部分动能，穿透深浅不同，降低动能不等，波长不同。

(2). 特征X射线（单色）——波长确定。并由阳极金属材料成分决定，是由高速电子把原子内层电子激发，再由外层电子跃迁至内层，势能下降而发生的X-射线，它的波长由原子能级决定。

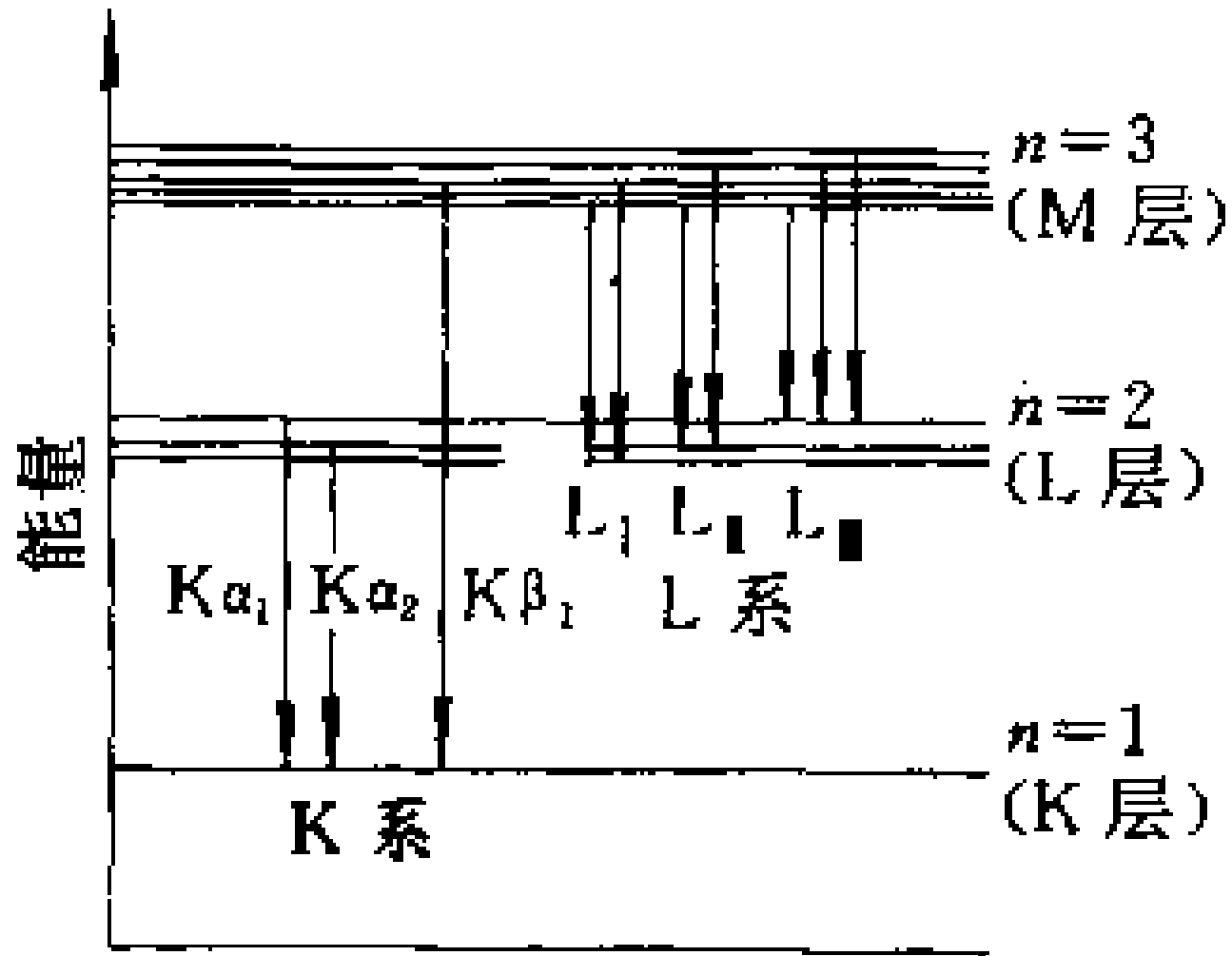
特征X射线 (单色)



L \longrightarrow K: $K\alpha$ ($K\alpha_1, K\alpha_2$)

M \longrightarrow K: $K\beta$

N \longrightarrow K: $K\gamma$

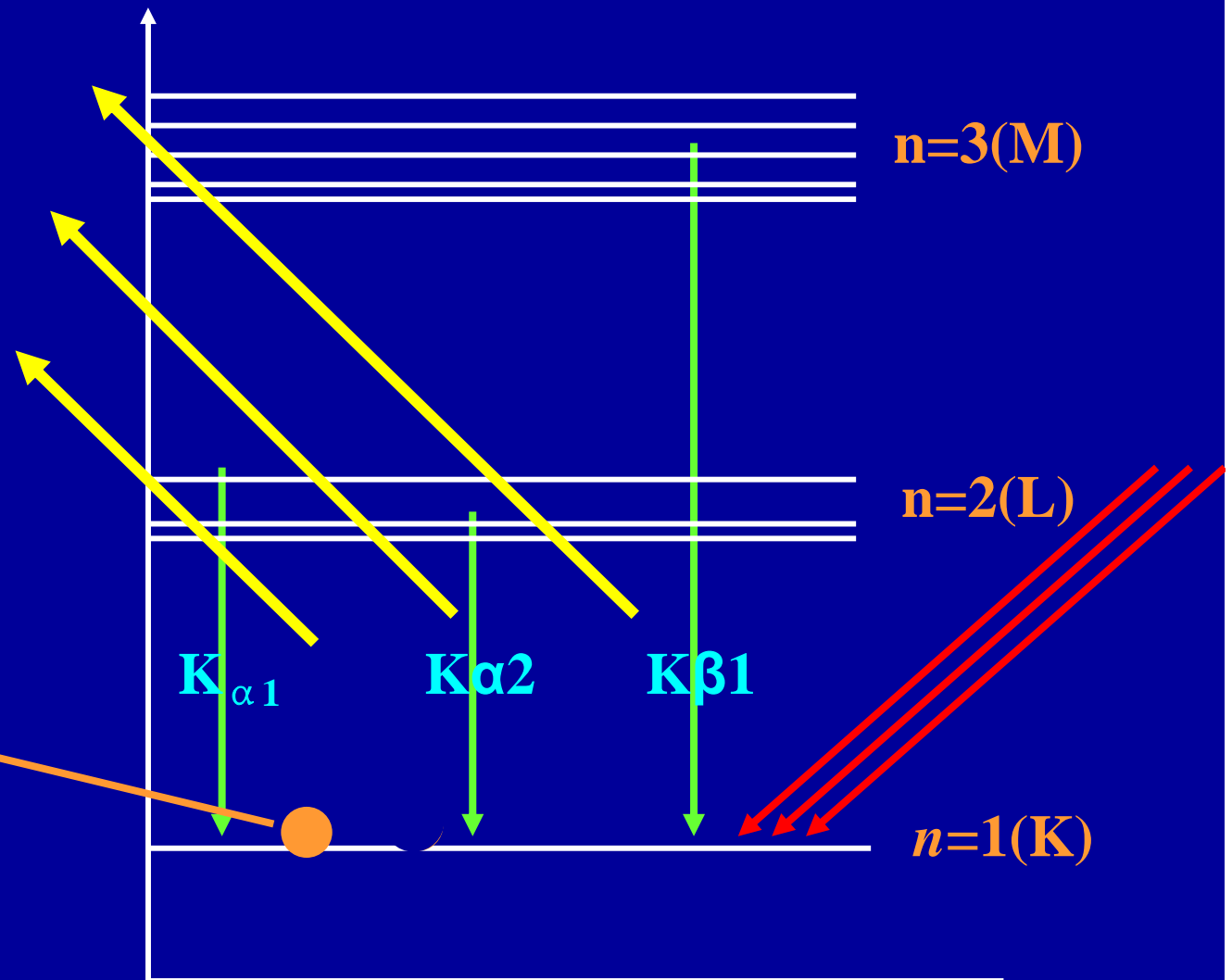


原子能级以及电子跃迁时产生X-射线的情况

X-射线的发生

1. 高速电子流冲击金属阳极,原子内层低能级电子被击出;

2. 高能级电子跃迁到低能级补充空位,多余能量以X光放出.



Cu 靶X-ray

波长

相应跃迁

$$\lambda = (\text{Cu } K\alpha_1) = 154.056 \text{ pm}$$



$$\lambda = (\text{Cu } K\alpha_2) = 154.439 \text{ pm}$$



$$\lambda = (\text{Cu } K\beta) = 139.222 \text{ pm}$$



因波长接近，强度小，所以
可近似用K β 表示。

各线强度比例:

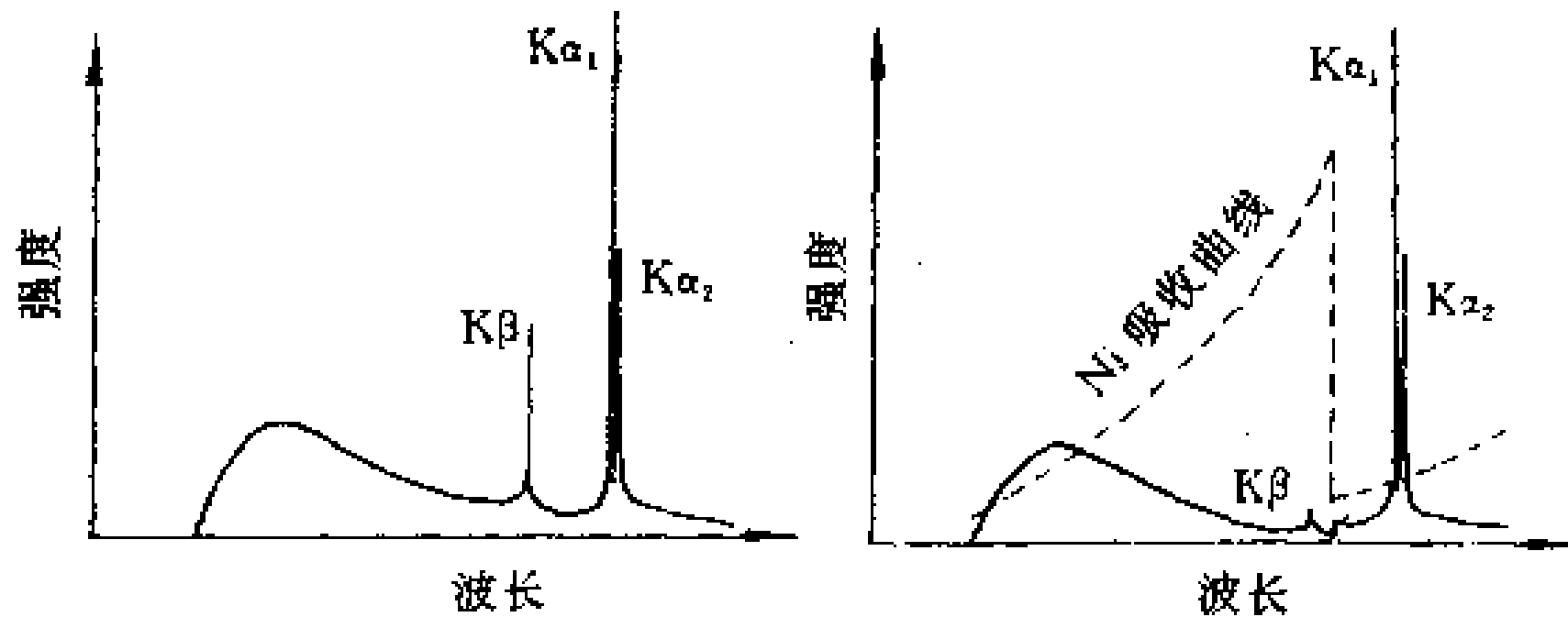
$$I(\text{Cu K}\alpha_2) : I(\text{Cu K}\alpha_1) = 0.497$$

$$I(\text{Cu K}\beta) : I(\text{Cu K}\alpha_1) = 0.200$$

当分辨率低时, $\text{K}\alpha_1$ 和 $\text{K}\alpha_2$ 分不开, 可用
加权平均波长表示:

$$\begin{aligned}\lambda(\text{Cu K}\alpha) &= \frac{1 \times 154.056\text{pm} + 0.497 \times 154.439\text{pm}}{1.497} \\ &= 154.18\text{pm}\end{aligned}$$

为了获得单色X-ray, 需将 $K\beta$ 及白色射线滤去:



Cu靶产生的X射线谱

可选择一种金属，它的吸收限波长处在 $K\alpha$ 和 $K\beta$ 之间，可吸收掉 $K\beta$ 射线。

我们以镍（Ni）作为滤波单色器，即：采用0.02mm厚度的镍片，可使 $K\alpha$ 和 $K\beta$ 强度比从：
7.5 : 1上升到500 : 1

如上图：Ni的吸收曲线在148.81pm处有一突变，
为Ni的吸收限。