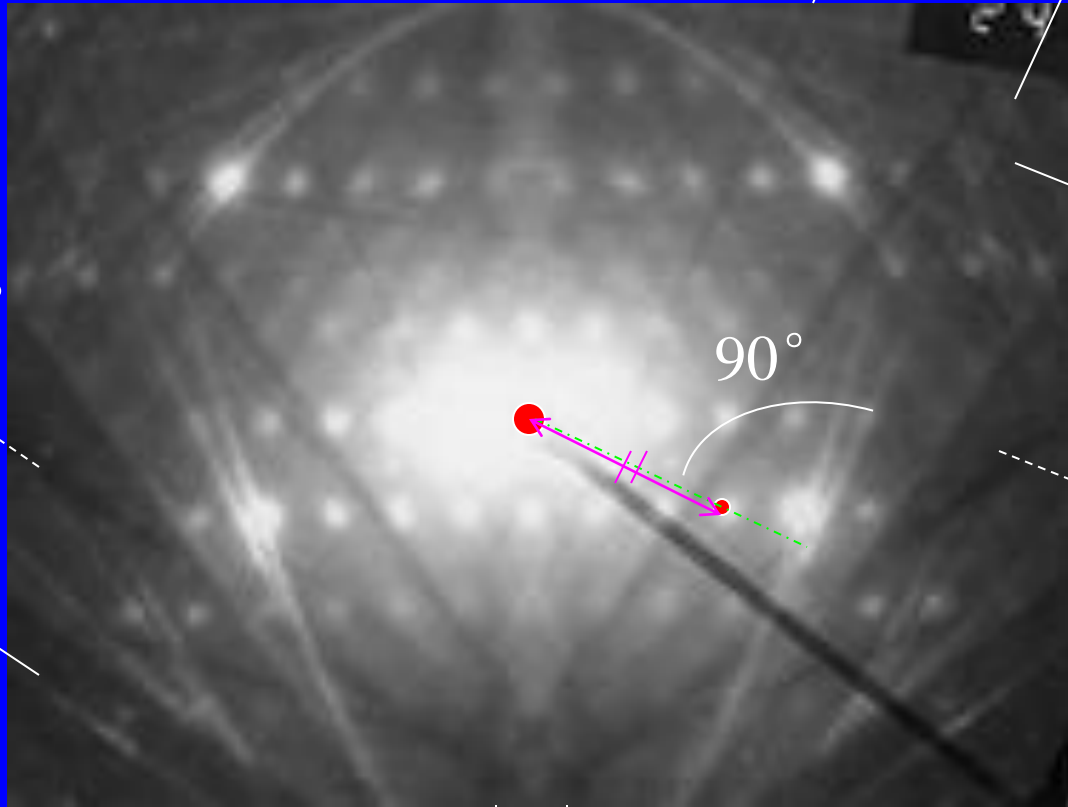


菊池衍射图 Kikuchi pattern

Kikuchi lines



Kikuchi band

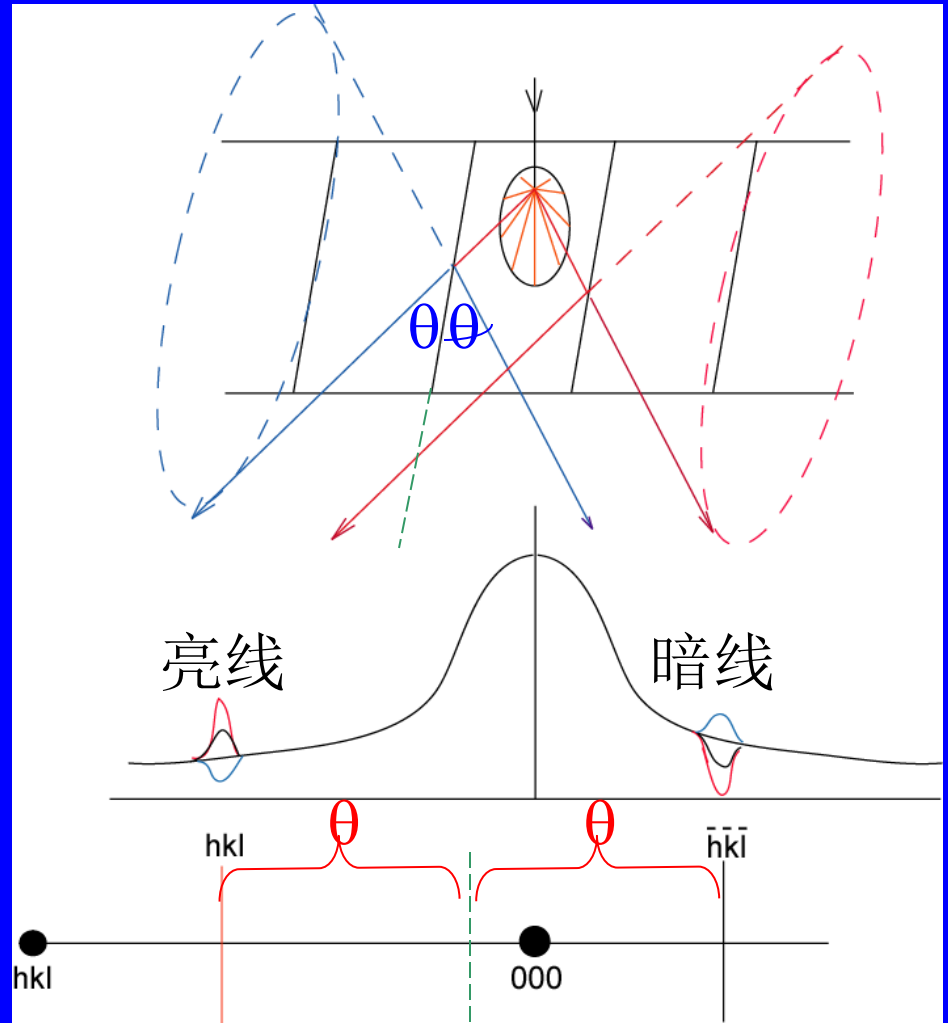
1. Kikuchi线的产生机理

入射电子在晶体中遭受非弹性散射

散射强度随散射方向而变

遭受非弹性散射的电子再次受到晶面的弹性散射 (Bragg衍射)

Kikuchi 线



2. Kikuchi线的几何特征

(1) hkl 菊池线对与中心斑点到 hkl 衍射斑点的连线正交，而且菊池线对的间距与上述两个斑点的距离相等。 $Rd=L\lambda$

(2) 一般情况下，菊池线对的增强线在衍射斑点附近，减弱线在透射斑点附近。

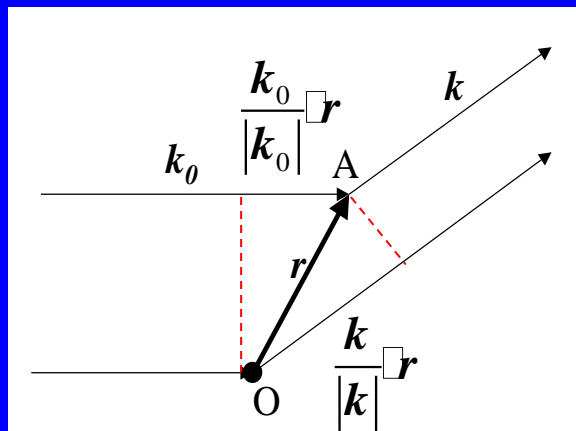
(3) hkl 菊池线对的中线对应于 (hkl) 面与荧光屏的截线。两条中线的交点称为菊池极，为两晶面所属晶带轴与荧光屏的交点。

(4) 倾动晶体时，菊池线好象与晶体固定在一起一样发生明显的移动。精度达 0.1°

3. Kikuchi线与衍射斑点的相对位置

补充知识：偏离参量

A点散射元相对O点散射元产生
散射波的位相差为



$$\Delta = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\mathbf{k}}{|\mathbf{k}|} - \frac{\mathbf{k}_0}{|\mathbf{k}_0|} \right) \cdot \mathbf{r} = 2\pi(\mathbf{k} - \mathbf{k}_0) \cdot \mathbf{r} = 2\pi\mathbf{u} \cdot \mathbf{r}$$

运动学假设：散射波在晶体中行进时不遭受再次散射

总散射波
振幅

$$\begin{aligned} \phi &= \sum_r f \exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot \mathbf{r}) \\ &= f \sum_{m=0}^{N_1-1} \exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot m\mathbf{a}) \sum_{n=0}^{N_2-1} \exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot n\mathbf{b}) \sum_{p=0}^{N_3-1} \exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot p\mathbf{c}) \end{aligned}$$

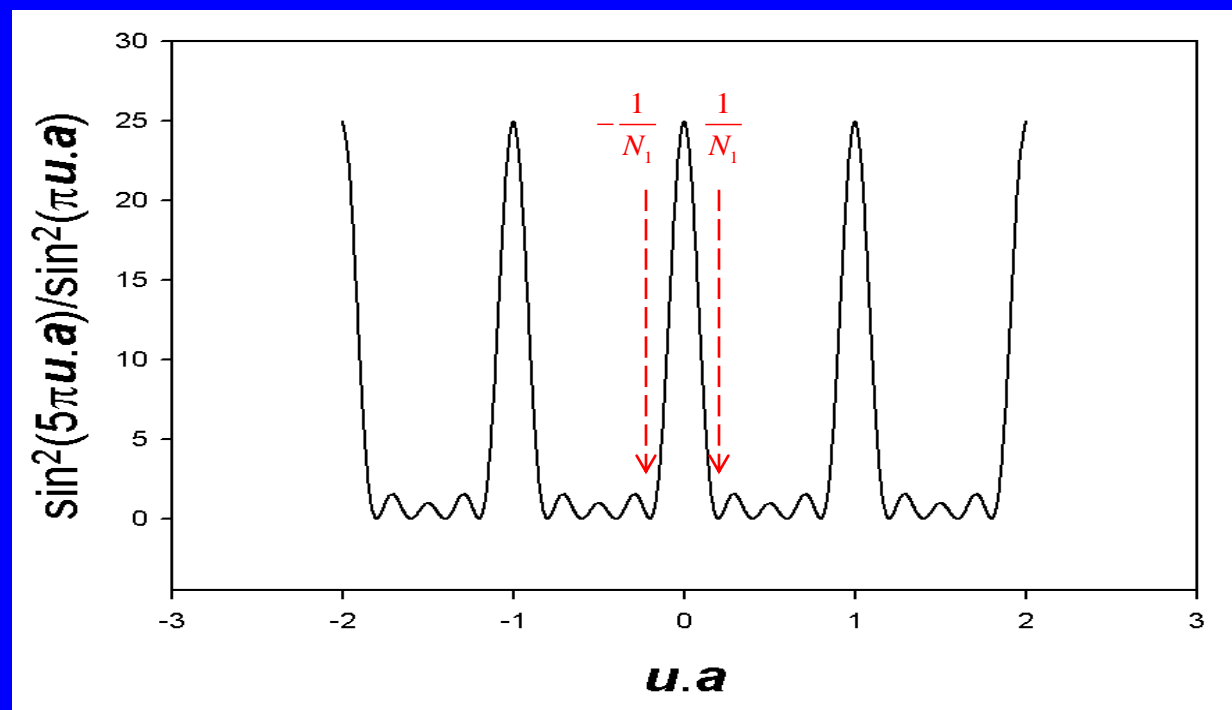
$$\phi = f \frac{\exp(2\pi i N_1 \mathbf{u} \cdot \mathbf{a}) - 1}{\exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot \mathbf{a}) - 1} \frac{\exp(2\pi i N_2 \mathbf{u} \cdot \mathbf{b}) - 1}{\exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot \mathbf{b}) - 1} \frac{\exp(2\pi i N_3 \mathbf{u} \cdot \mathbf{c}) - 1}{\exp(2\pi i \mathbf{u} \cdot \mathbf{c}) - 1}$$

$$I = \phi \phi^* = f^2 \frac{\sin^2(\pi N_1 \mathbf{u} \cdot \mathbf{a})}{\sin^2(\pi \mathbf{u} \cdot \mathbf{a})} \frac{\sin^2(\pi N_2 \mathbf{u} \cdot \mathbf{b})}{\sin^2(\pi \mathbf{u} \cdot \mathbf{b})} \frac{\sin^2(\pi N_3 \mathbf{u} \cdot \mathbf{c})}{\sin^2(\pi \mathbf{u} \cdot \mathbf{c})}$$

$$\frac{\sin^2(\pi N_1 \mathbf{u} \cdot \mathbf{a})}{\sin^2(\pi \mathbf{u} \cdot \mathbf{a})} =$$

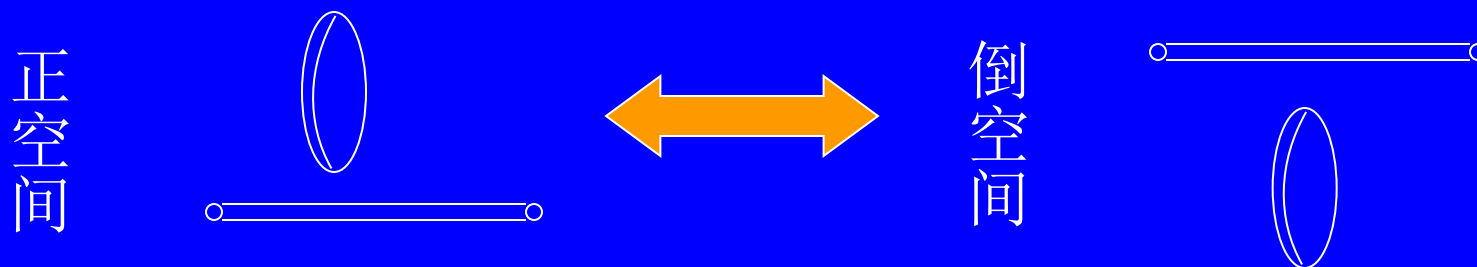
$$= \begin{cases} N_1^2 & \text{当 } \mathbf{u} \cdot \mathbf{a} = h, \text{ 对应于 } \mathbf{u} \text{ 等于某倒易点阵矢量 } \mathbf{g} \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } \mathbf{u} \cdot \mathbf{a} = h + p/N_1, \quad p \neq N_1 \\ \text{次极大, 当 } \mathbf{u} \cdot \mathbf{a} \text{ 满足 } N_1 \tan(\pi \mathbf{u} \cdot \mathbf{a}) = \tan(\pi N_1 \mathbf{u} \cdot \mathbf{a}) \end{cases}$$

当 $u a$ 不严格
等于某整数时，
即当 $u = g + s$ 时
仍有相当的强
度。
 s 为偏离参量。



在倒易空间（衍射空间），主峰在 a 方向的宽度比例于 $2/(N_1 a)$ ，即在 a 方向的线度。

当 N_1 很小时（薄样品），倒易点拉长成倒易杆。



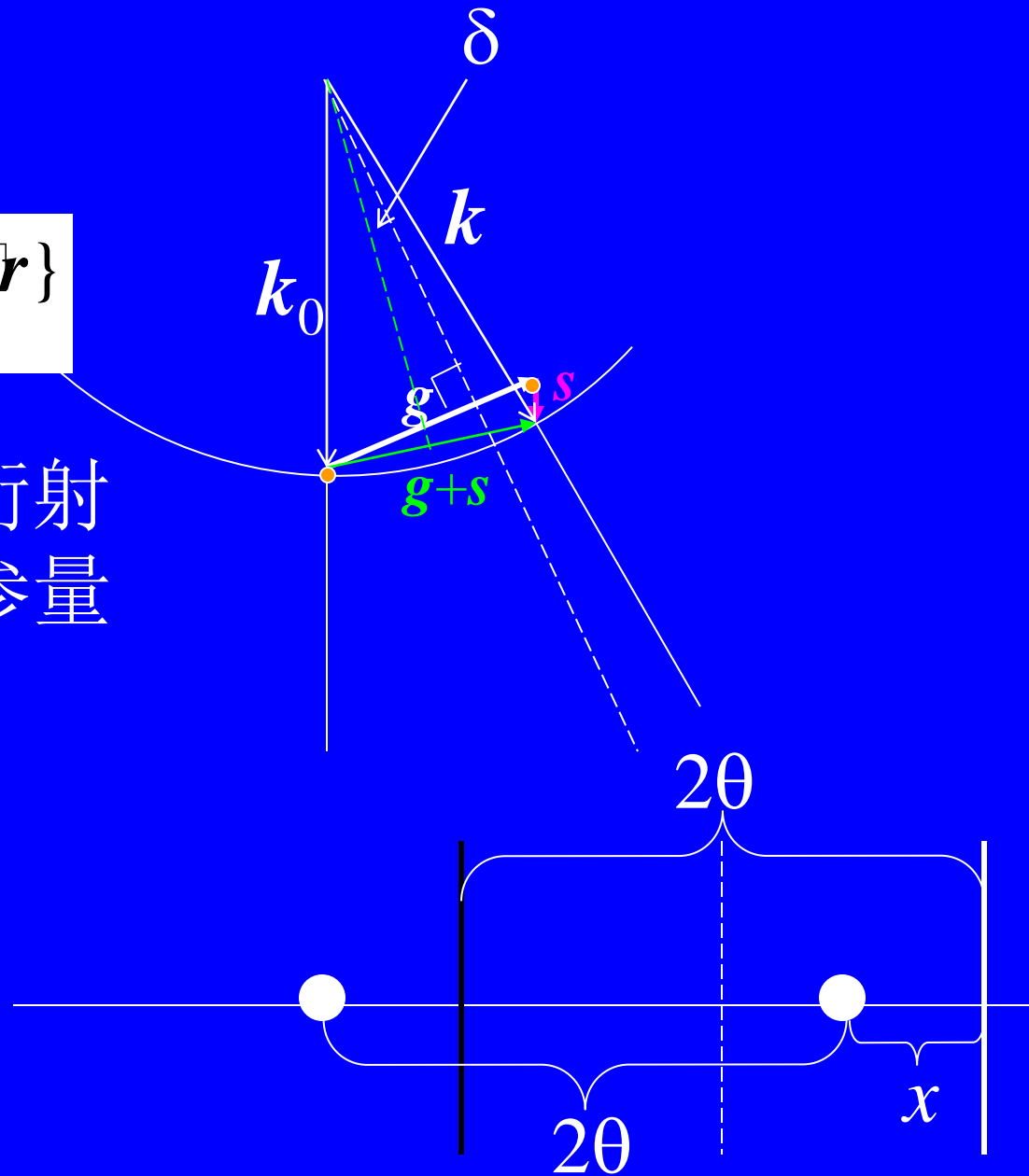
总的散射振幅

$$\phi = \sum_r f \exp\{2\pi i(\mathbf{g} + \mathbf{s}) \cdot \mathbf{r}\}$$

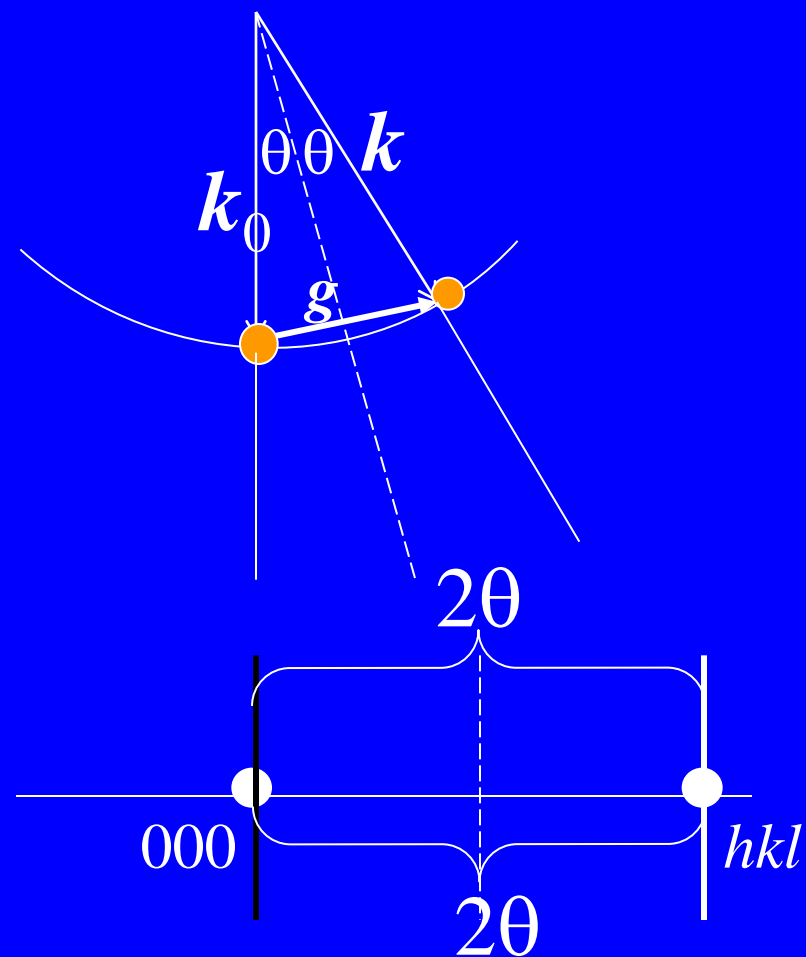
可由菊池线相对于衍射斑点的位置测偏离参量

$$\delta = \frac{s}{g} = \frac{x}{L}$$

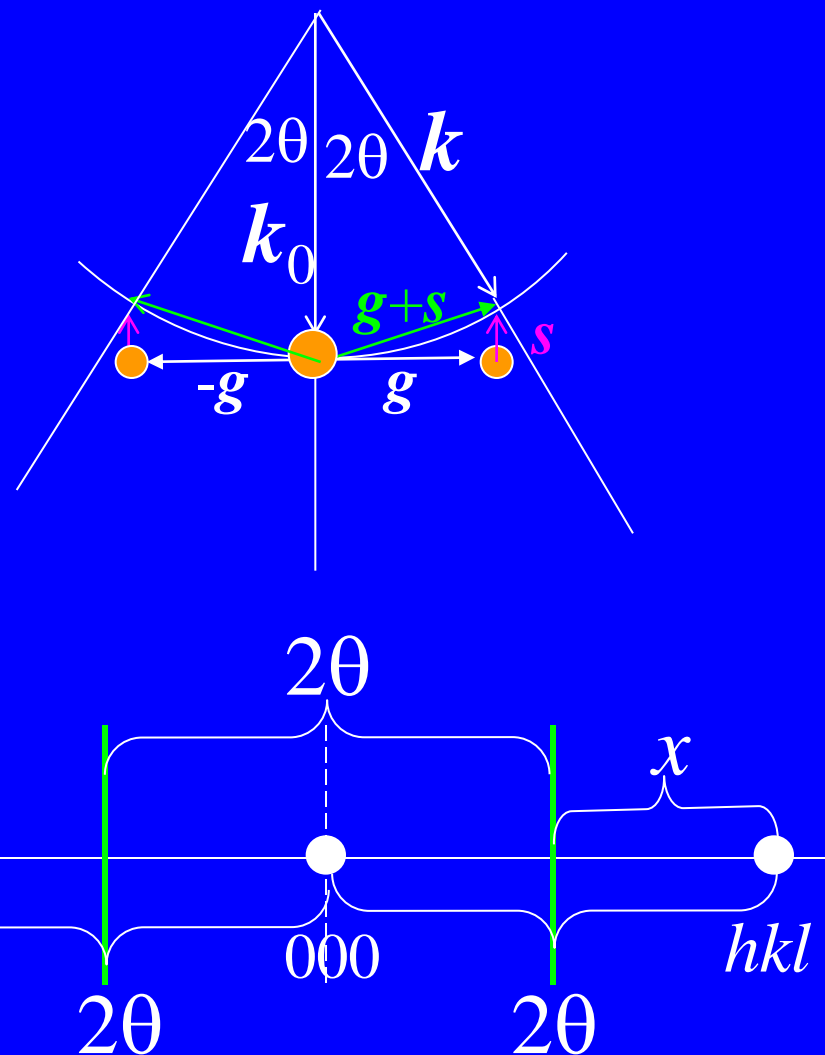
$$s = \frac{x}{Ld} = \frac{x\lambda}{Rd^2}$$



两种特殊情况



双光束衍射位置
 $s=0$



对称衍射位置

4. Kikuchi线的标定

依据:

(1) $Rd=L\lambda$

(2) hkl菊池线对与中心斑点到hkl衍射斑点的连线正交。

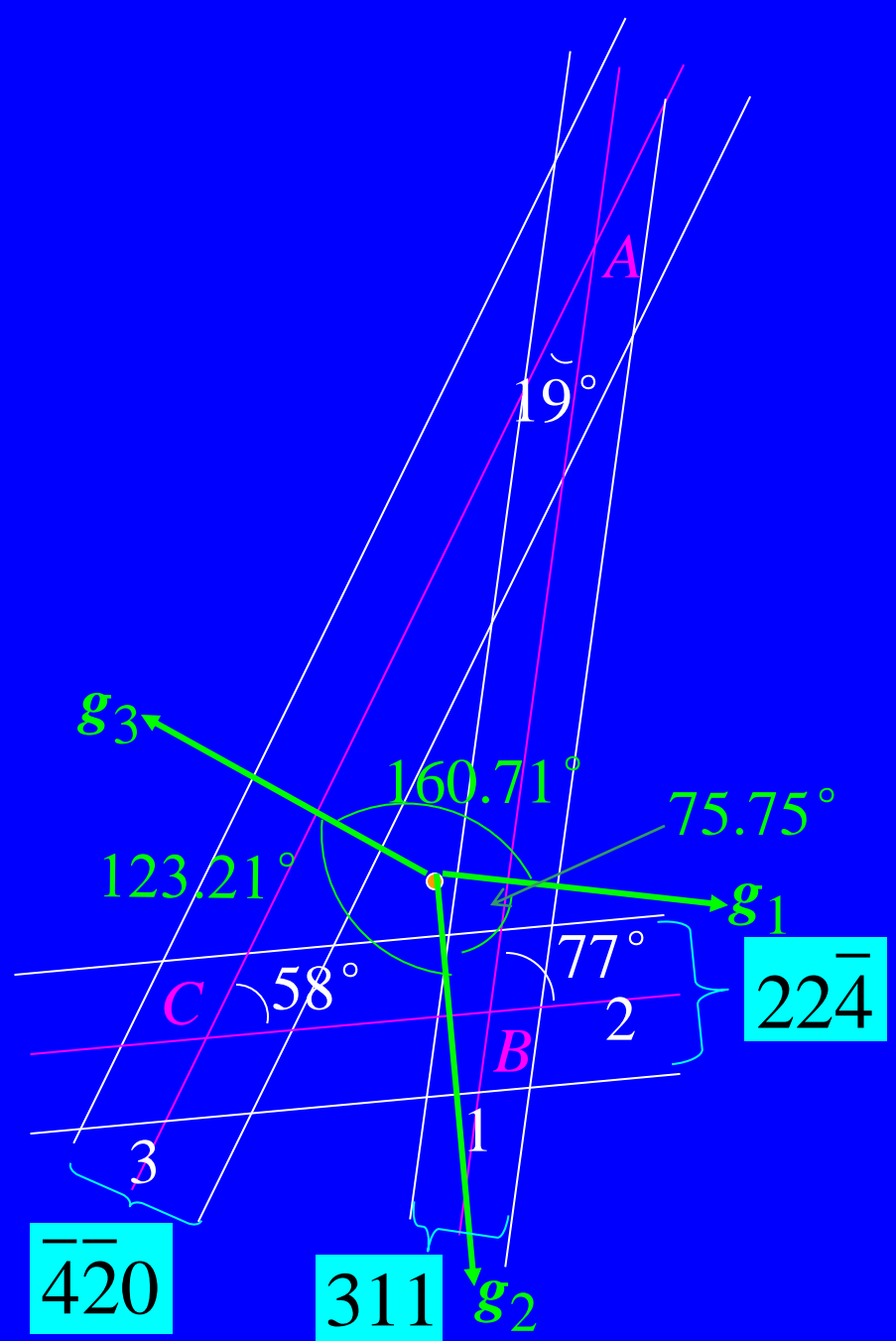
(3) 菊池线对间的夹角等于相应晶面间的夹角，相邻菊池极对应的晶带轴的指数相近。

例：Ni, f.c.c.

(1) 由 $d=L \lambda/R$ 得 $\{hkl\}$

菊池线对	$\{hkl\}$
1	$\{311\}$
2	$\{422\}$
3	$\{331\}\{420\}$

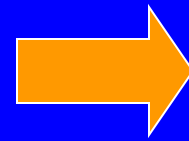
(2) 选菊池线对1为(311);
 仅当 $h_1h_2+k_1k_2+l_1l_2=2$
 时, $\{422\}$ 与(311)夹角为
 75.75° , 选菊池线对2为
 $(2\bar{2}\bar{4})$



(3)菊池线对3: $\{331\}$, $\{420\}$

$\{211\}$ 与 $\{331\}$ 的夹角中无 58°

$\{311\}$ 与 $\{331\}$ 的夹角中无 19°



菊池线对3
不是 $\{331\}$

$\{210\}$ 与 $(11\bar{2})$ 的夹角可以有 56.79°

$\{210\}$ 与 (311) 的夹角可以有 19.29°



菊池线对3
为 (420) 或
 $(\bar{4}20)$

g_3 与 g_1, g_2 的夹角为钝角,应有

$$h_2h_3+k_2k_3+l_2l_3=-3$$

$$h_1h_3+k_1k_3+l_1l_3=-7$$



$H_3k_3l_3$ 应为 $(\bar{4}20)$

(4) 晶带轴:

菊池极A $[311]^* \times [\bar{4}20]^* \Rightarrow [1\bar{2}\bar{1}] \quad r_A$

菊池极B $[22\bar{4}]^* \times [311]^* \Rightarrow [3\bar{7}\bar{2}] \quad r_B$

菊池极C $[\bar{4}20]^* \times [22\bar{4}]^* \Rightarrow [2\bar{4}\bar{1}] \quad r_C$

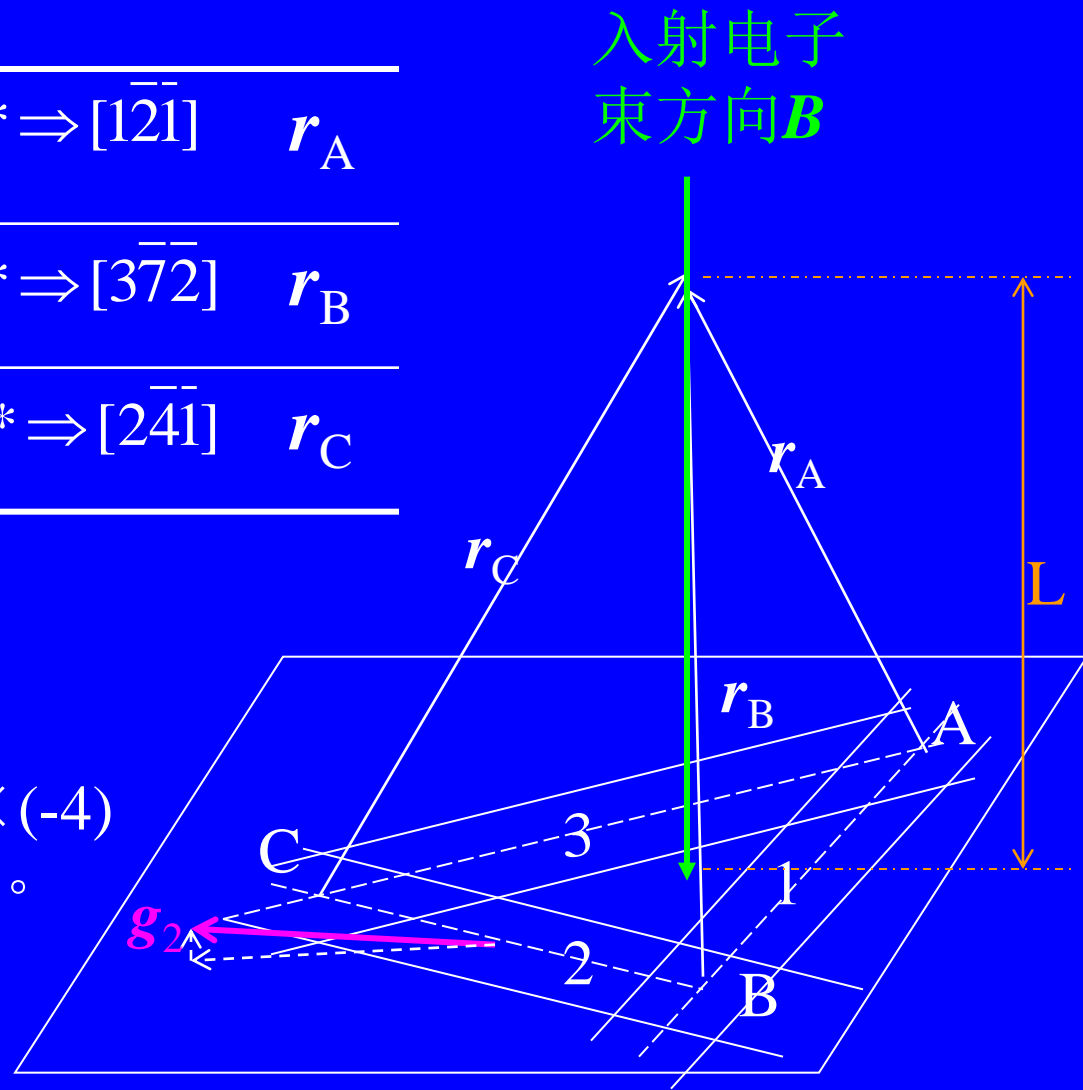
(5) 检验:

应有 $r_A \cdot g_2 > 0$

$$r_A \cdot g_2 = 1 \times 2 + (-2) \times 2 + (-1) \times (-4) \\ = 2 - 4 + 4 = 2 > 0 \quad \text{正确。}$$

若将 g_1, g_2, g_3 的指数反号，
菊池极指数不变，则有

$$r_A \cdot g_2 = 1 \times (-2) + (-2) \times (-2) + (-1) \times 4 \\ = -2 + 4 - 4 = -2 < 0, \quad \text{不正确。}$$



5. 应用

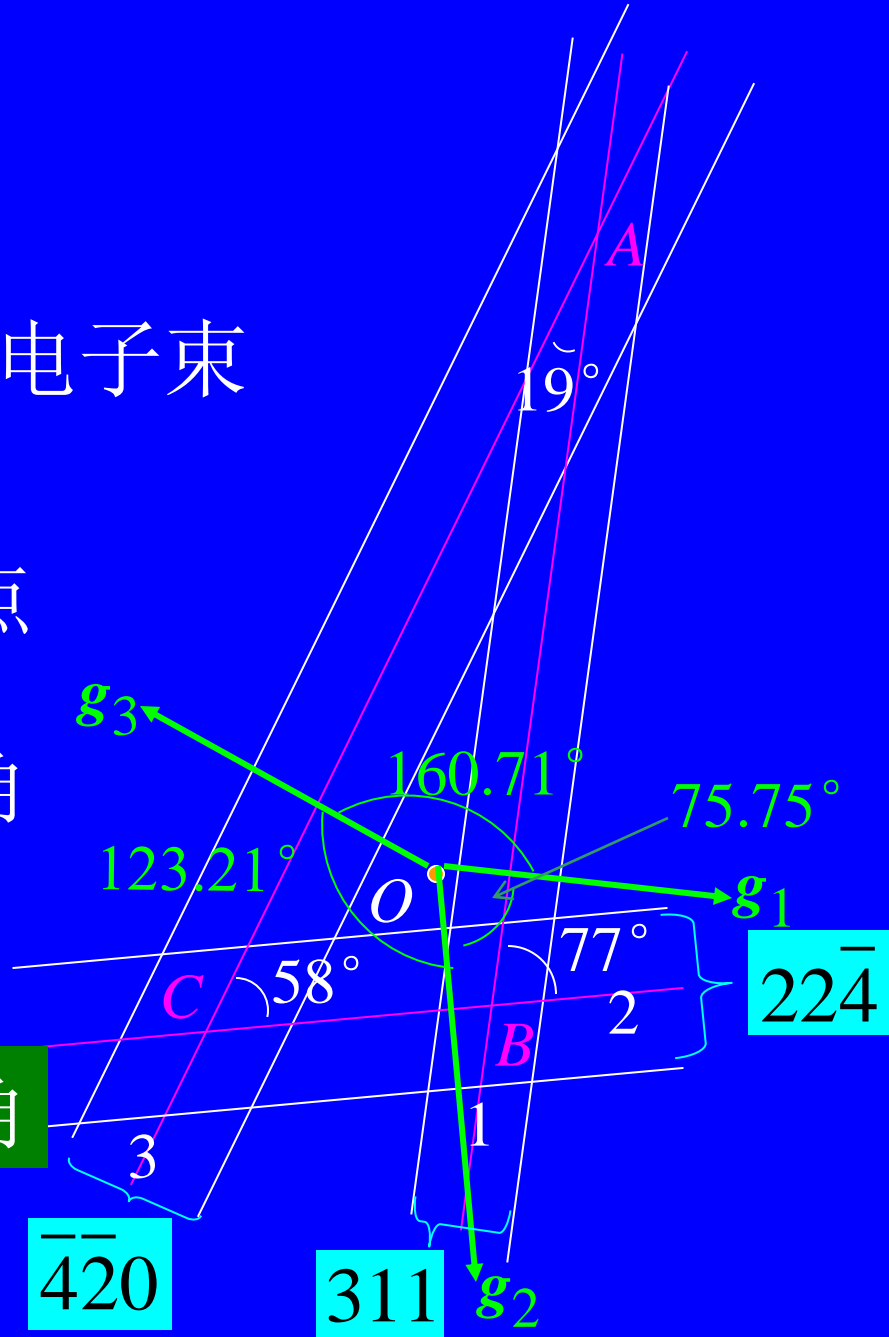
- (1) 测定偏离参量 s ;
- (2) 测定晶体相对于入射电子束的取向;

O 为透射束与底片的交点

OA 对应于 $B \leftrightarrow r_A$ 的夹角
 OB 对应于 $B \leftrightarrow r_A$ 的夹角
 OC 对应于 $B \leftrightarrow r_A$ 的夹角

AB 对应于 $r_A \leftrightarrow r_b$ 的夹角
 BC 对应于 $r_B \leftrightarrow r_c$ 的夹角
 CA 对应于 $r_C \leftrightarrow r_A$ 的夹角

此夹角可计算出



令 \mathbf{B} 的指数为 $[uvw]$ ，且 $u^2+v^2+w^2=1$ ；

令 $\mathbf{r}_A, \mathbf{r}_B, \mathbf{r}_C$ 的指数分别为 $[u_i, v_i, w_i], (i=1, 2, 3)$ ，
于是有：

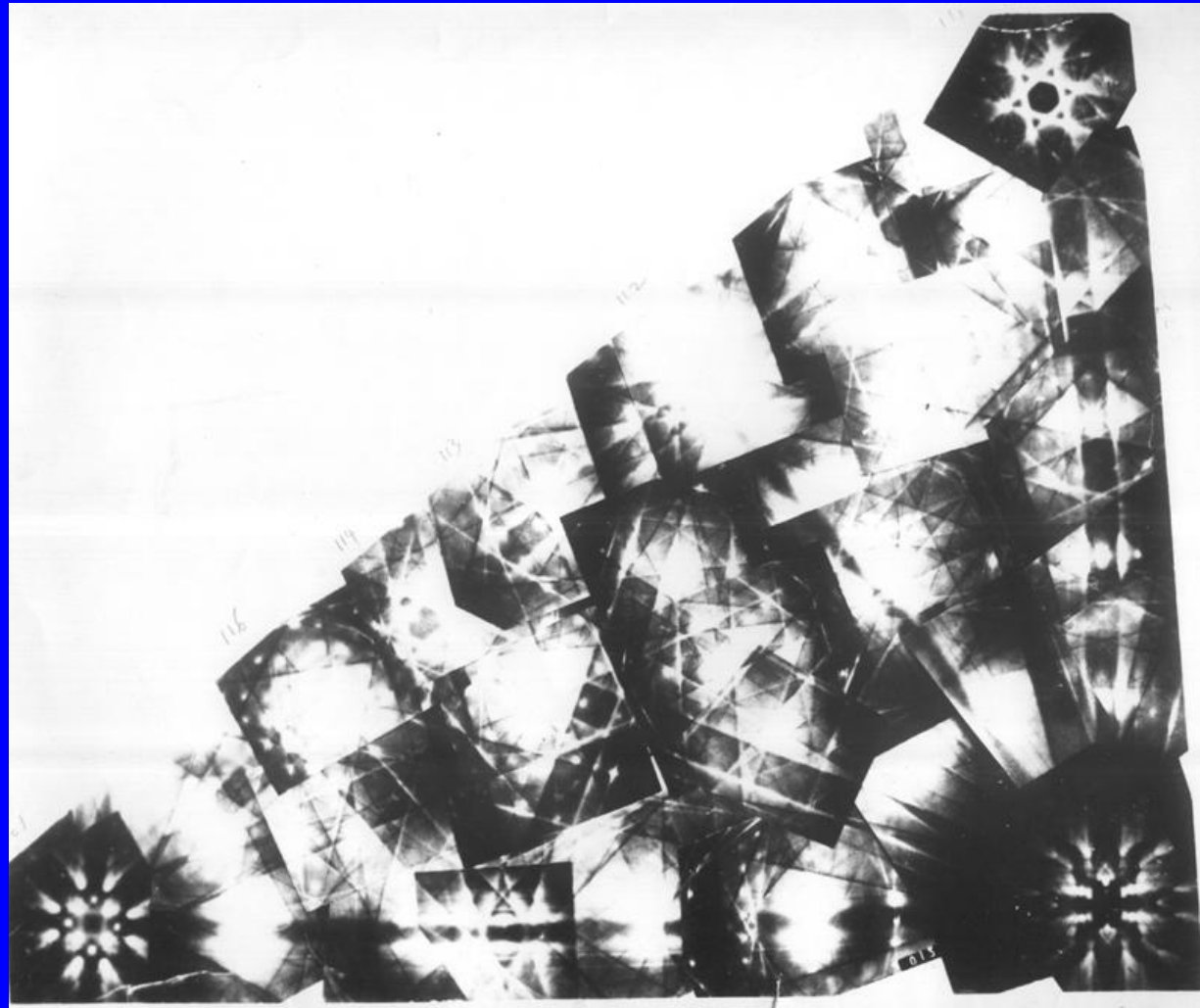
对于立方晶系：

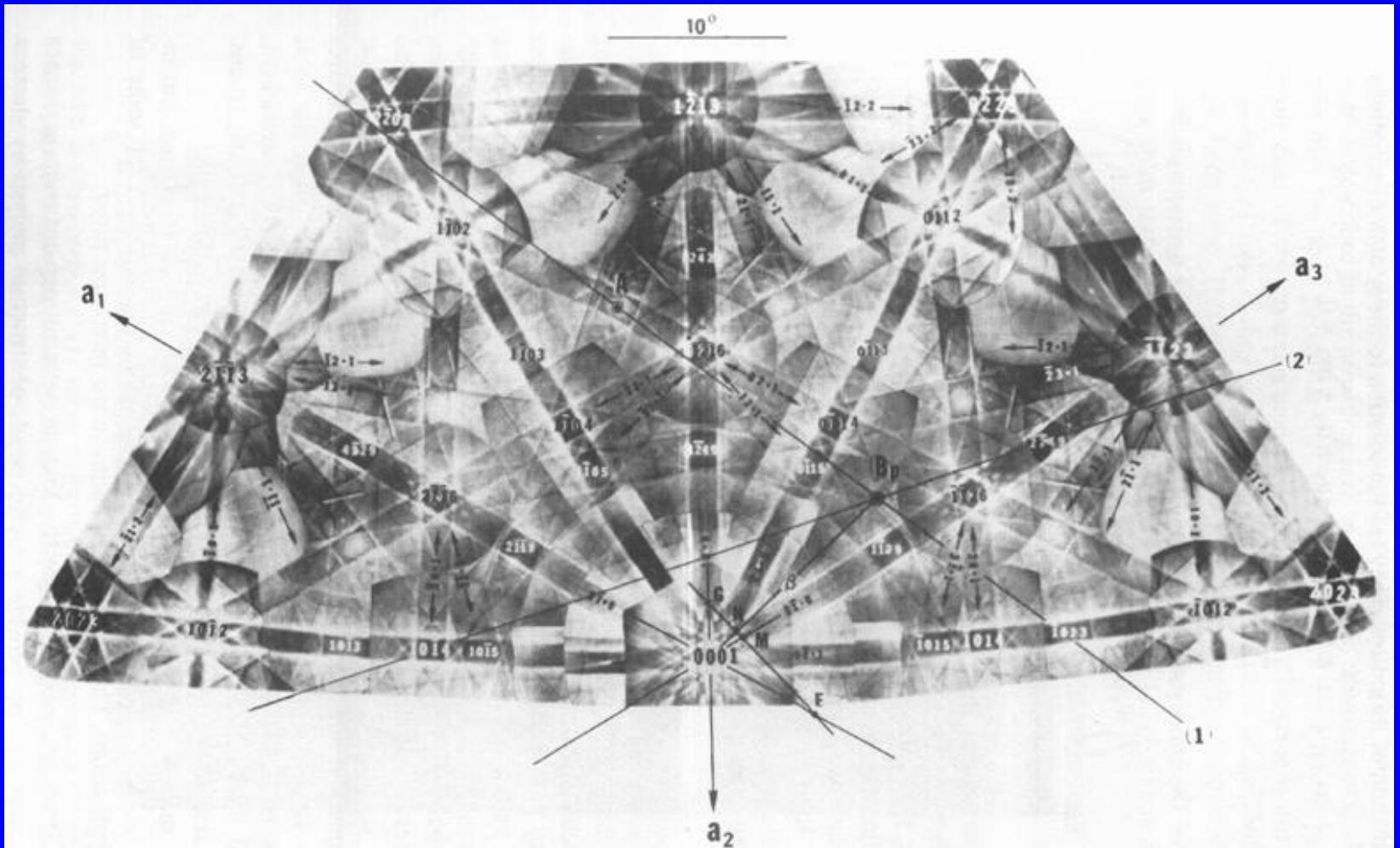
$$\cos(\mathbf{B}, \mathbf{r}_i) = \frac{uu_i + vv_i + ww_i}{\sqrt{u_i^2 + v_i^2 + w_i^2}}, (i = 1, 2, 3)$$

解此方程组，可求出 $[uvw]$

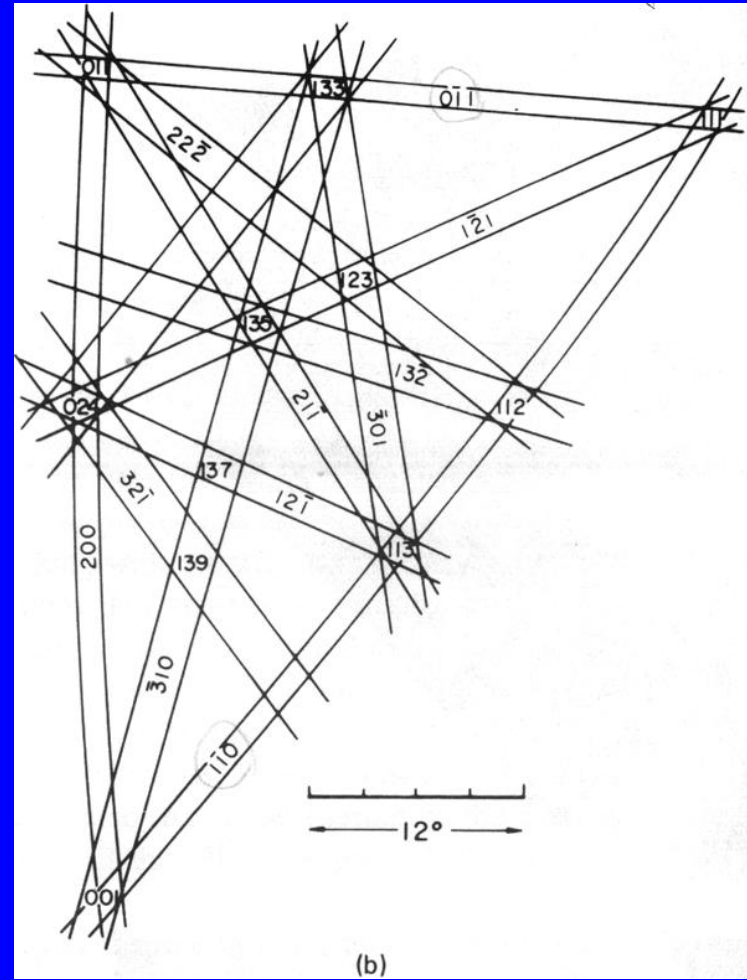
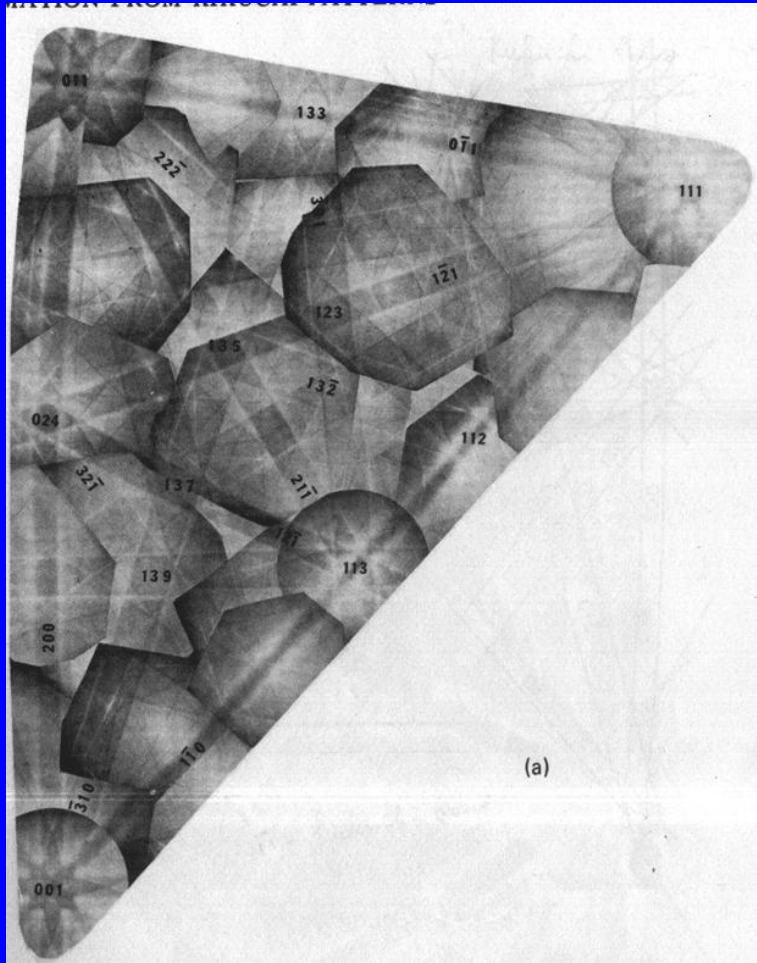
(3) 菊池图

Cu
f.c.c.





h.c.p. crystal with $c/a=1.588$ (e.g. Ti, Ag_2Al)



b.c.c. crystal

