# 假设

1. 坐标系假定是右手坐标系，原子面方程的方向余弦也在右手坐标系？
2. 如果激光无修正，测量面=切割面。激光不晃的时候，晶片所测得的就是真正的光轴和电轴。这样所认为的就表明激光的修正面（转盘轴旋转的水平面）和X光的测量面是同一个面。

疑问：设备如何做到的，即X光 激光的测量面是同一个

解答：无需刻意做到，不管转盘与转轴的角度如何，因为只要激光不晃，即晶片表面与激光的角度一直不变，即是晶片的转动面与表面肯定重合；而X光与激光是固定不变的，所以晶片表面与X光的角度也不变，所以测出的就是光轴电轴，无需修正；当然每台设备都有其各自的设备参数

1. 如果原始光电轴都为0，测量面平行与XOZ面
2. 原始光轴θ/电轴φ是测量面在晶体坐标系中的旋转角。先绕x轴转θ，再绕z转φ？

由于先X轴，再Z轴，不是方向余弦角的余角。旋转示意图如下：



1. 原子面相对与晶片表面的角度是一致的，而晶片上下面是平行的，故晶片正方面所得的D1 D2应该是一样的（无修正的理论情况），只是D1相对于D2的位置会交换，即DM会变化
2. 假定SC各个规格的切角下，在同一个面（正面/方面），D1到D2的角度都是<180°或>180°
3. R1是D2的中心，D2是原子面1还是原子面2的反射尖峰？
4. R1的位置是原子面斜向发射管还是接收管？
5. 激光的amp位置也存在与上面的一样的问题

# 基础知识

## 平面方程/法向量/方向余弦

平面方程：ax+by+cz+d=0

其法向量为（a,b,c），其模为l=sqrt(a\*a+b\*b+c\*c)，

其方向余弦（法向量与坐标轴夹角的余弦）是（a/l, b/l, c/l）

## 平面交线、夹角

平面1：a1x+b1y+c1z+d1=0

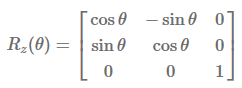
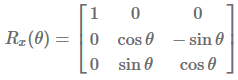
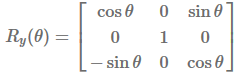
平面2：a2x+b2y+c2z+d2=0

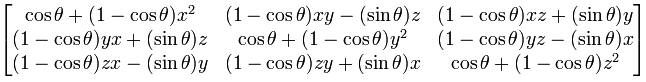
交线垂直于两平面的法向量（即平面的方向余弦）

其方向数可表示为1×2叉积(b1c2-c1b2,c1a2-a1c2,a1b2-b1a2)

夹角可表示为法向量间的夹角，即cosθ=|v1\*v2|/(|v1|\*|v2|)=|a1a2+b1b2+c1c2|/(|v1|\*|v2|)

## 旋转矩阵

1. 绕z
2. 绕x
3. 绕y
4. 绕任意单位向量（x, y, z）



与Excel不一样，是左右手坐标系相反

# 过程研究

## ∠X"L

### 为什么求这个角？

这个角是 “原子面与测量面的交线” 与 “测量面所在坐标系的X轴” 之间的夹角

知道了这个角可以得出激光修正面与测量面的相位差，为求出激光修正面做准备

### 求原子面方程（晶体坐标系

原子面1 、2 参数h k l已知，可以利用



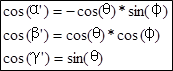
得到原子面1、2在晶体坐标系的平面方程，形如cosα x + cosβ y + cosγ z + m = 0

### 求测量面方程（晶体坐标系

因原始光轴电轴已知，可以得到测量面（非玻璃表面）在晶体坐标系中的平面方程

这里先认为，测量面是平行于XOZ平面的任意平面，则我们设该平面是y=0

则可通过法向量的旋转，得到测量面的方向余弦



从而得到测量面的方程，形如cosα x + cosβ y + cosγ z + m = 0

### 求X” （晶体坐标系

X”就是晶体坐标系X轴通过θ φ旋转之后的X轴，即是测量面所在的X轴

我们通过算出X“在晶体坐标系的方向数，就可以算出交线和X”的夹角

X”方向数是 （cosφ，sinφ， 0）

### 求交线L

由于原子面和测量面的平面方程都已知，可以通过基础知识解出交线L的方向数

### 求夹角∠X"L

知道了交线X”和L的方向数就可以得出两交线的夹角∠X"L

## 激光修正

### Efg测量的已知量

PHASE：激光摇摆曲线所得的相位（单位°），应该是晶片倾斜角相对于零位传感器的角度

Amp：激光摇摆曲线所得的幅值（单位°），应该是激光的晃动的夹角，可以间接得到晶片表面与测量面的倾斜角

R1：X光尖峰所得的角度，单位°，是D2中心相对于零位传感器的角度，D2是较宽的两个尖峰

疑问：R1如何认为是原子面和晶片表面交线相对于零位的偏移量？

X“所在的面是测量面（旋转面/基准面）L1 L2 所在面也是测量面 L1 L2与X”的角度已知，即∠X"L

L2交线如果旋转到平行于X”所在的位置，此时就是D2的中间于X“相差90°；∠X"L2已经已知 ，L1同理

R1是D2中心相对于零位的角度，为已知量，所以通过R1能得出X”或L2相对于零位的角度

而激光相对于零位的相位角也已知，则通过设备的参数可得出晶体面于测量面的交线Lp相对于X”的角度phase

测量面与晶体面的角度即使激光幅值角AMP，根据测量面与晶体面法向量的角度就是amp，

知道了phase 和amp即可通过测量面求解出晶体面（晶体坐标系）

∠X"L：即上文所求

θ：原始光轴

φ：原始电轴

### 求解思路

原子面在晶体坐标系中的位置是一定的，当晶体面确定之后，θ和φ就确定了

由于一个片放在设备上测量的时候，测量面和晶体面已经确定，测量面通过X光确定，而晶体面通过激光确定与测量面的关系，

所以只要通过测量面求出晶体面在坐标系中的平面方程，即可得到晶体面的θ和φ

### 求phase

Phase是“晶片表面与测量面的交线Lp“与”测量面的X”轴“之间的夹角

通过这个角和X“可以计算出Lp，知道了Lp，已Lp为轴，把测量面旋转amp角（激光幅值角），就可以计算出晶体表面。

各个角的关系示意图如下：



假定D1->D2>180°是正面

正面的计算公式：-(90°-offset+R1-PHASE) -∠X”L

反面的计算公式：(90°-offset+R1-PHASE) -∠X”L

### 求晶片表面与测量面的交线Lp

通过X”的单位向量绕测量面法向量转动phase，即可得到Lp

可得Lp方向数公式

Cospcosφ-sinpsinθsinφ

Cospsinφ+sinpsinθcosφ

-sinpcosθ

与Excel不一样，是左右手坐标系相反

### 求晶体表面

测量面绕Lp转动-amp(注意是当前efg相机轨迹计算出的+sin的amp的负数)，即可得到晶体表面，知道了晶体表面，即可得到θ和φ

见excel 第 6/7步



# 其他说明

在右手坐标系下的测算结果

原子面1与测量面的角度（~8） 小于 原子面2与测量面的角度（~18）

原子面与测量面的交线(n原×n测)与X”的角度(考虑锐角)：∠L1X”(~17) > ∠L2X”(~10)

向量L1 L2在Z轴方向都是正向

原子面的法向量与测量面的法向量在Y轴方向都是正向，由于角度很小，故都在测量面的+Y面

