

共鳴散乱を利用したトポグラフ

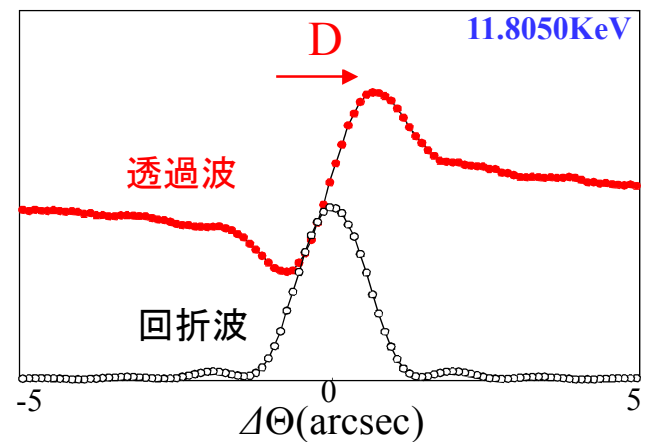
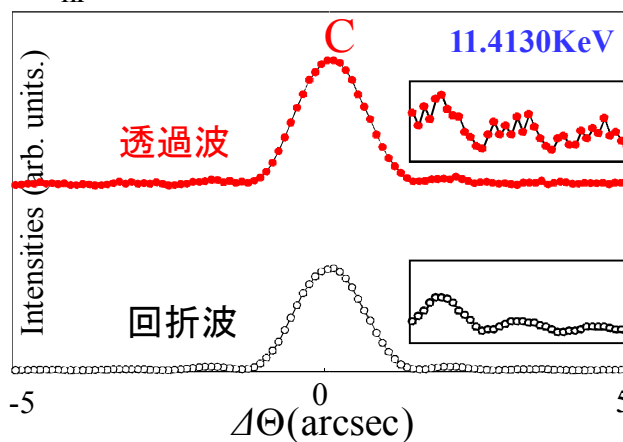
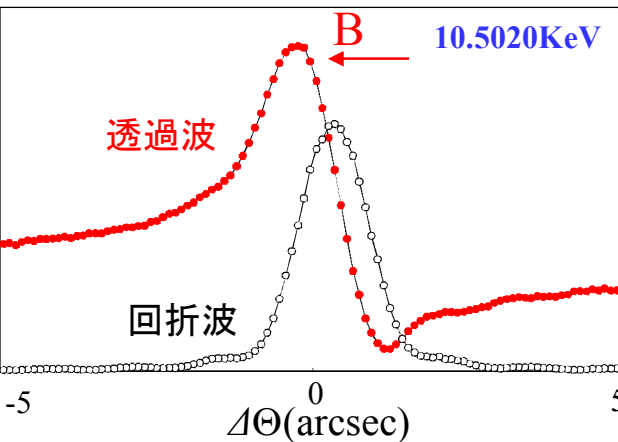
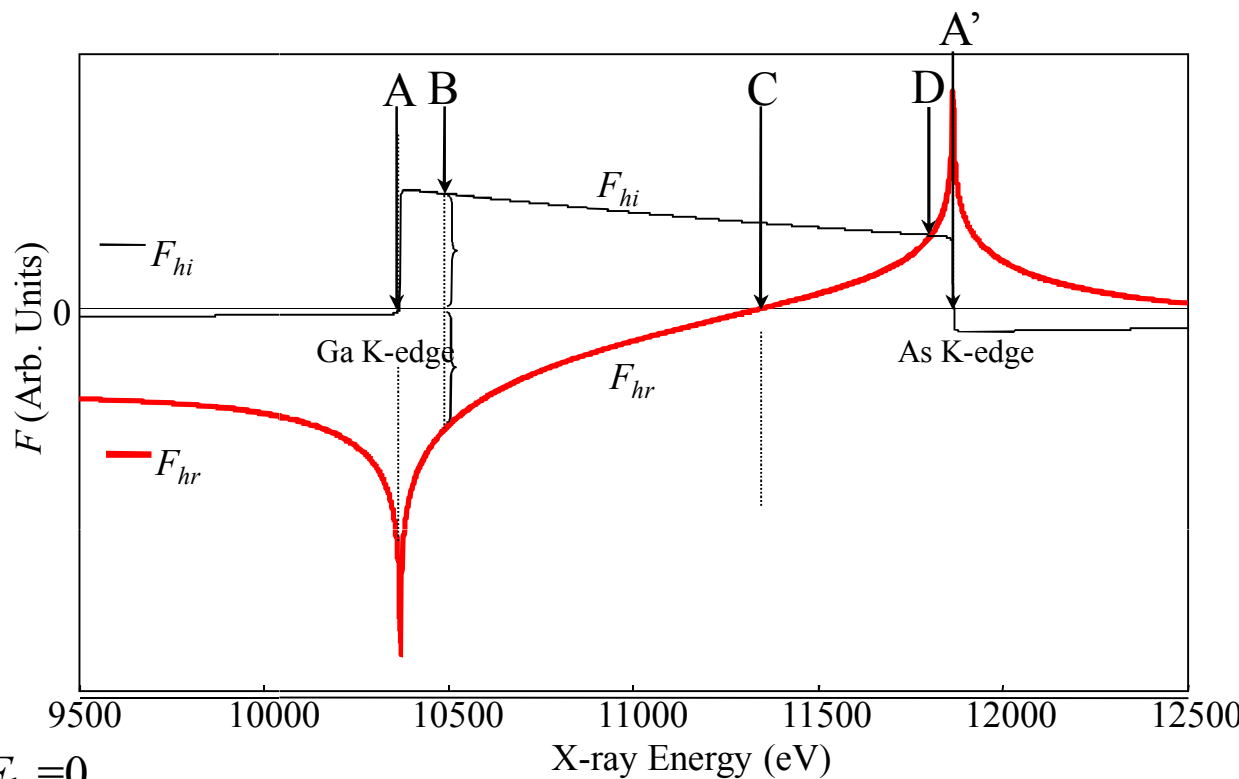
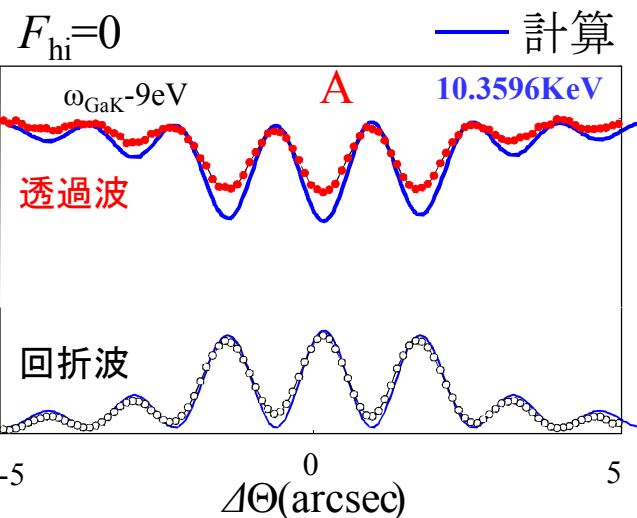
根岸利一郎¹, 深町共榮¹, 平野健二¹, 金松喜信¹, 平野馨一², 川村隆明³
¹埼玉工業大学, ²KEK-PF, ³山梨大学
*E-mail: negishi@sit.ac.jp

- 1) 吸収端付近での結晶構造因子とロッキングカーブ
(GaAs 200, Laue の場合)
- 2) 実験の光学系
- 3) 散乱条件と結晶構造因子の位相変化
- 4) 結晶構造因子の位相 θ の変化とロッキングカーブの変化
- 5) 共鳴散乱を利用したトポグラフ
 - ① 鮮明な像と干渉縞
 - ② 転位に対応した像
- 6) 回折像とSEM(走査電子顕微鏡)像との対応
- 7) まとめ

K吸収端付近での結晶構造因子とロッキングカーブ

GaAs 200反射

(Laue の場合, 結晶厚45 μm)



散乱条件と結晶構造因子の位相変化

共鳴散乱動力学回折から

$$F_h = F_{hr} + iF_{hi} = |F_{hr}|(1+k^2)^{1/2} \cdot \exp[i\{\arg(F_{hr}) + \theta\}]$$

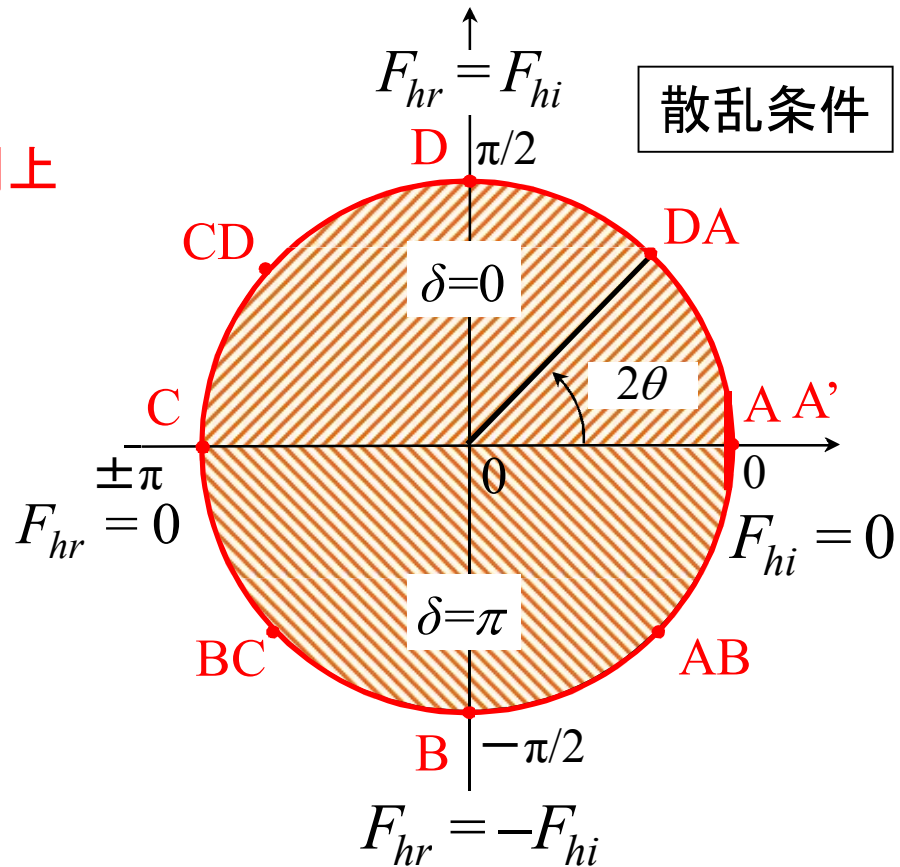
2波近似の分散面の規定からの散乱条件は円周とその内部

$|F_h| = |F_{-h}|$ での散乱条件は円周上

$$F_h F_{-h} / (|F_{hr}|^2 + |F_{hi}|^2) = e^{i2\theta}$$

$$\theta = \tan^{-1}(k \cdot \cos \delta)$$

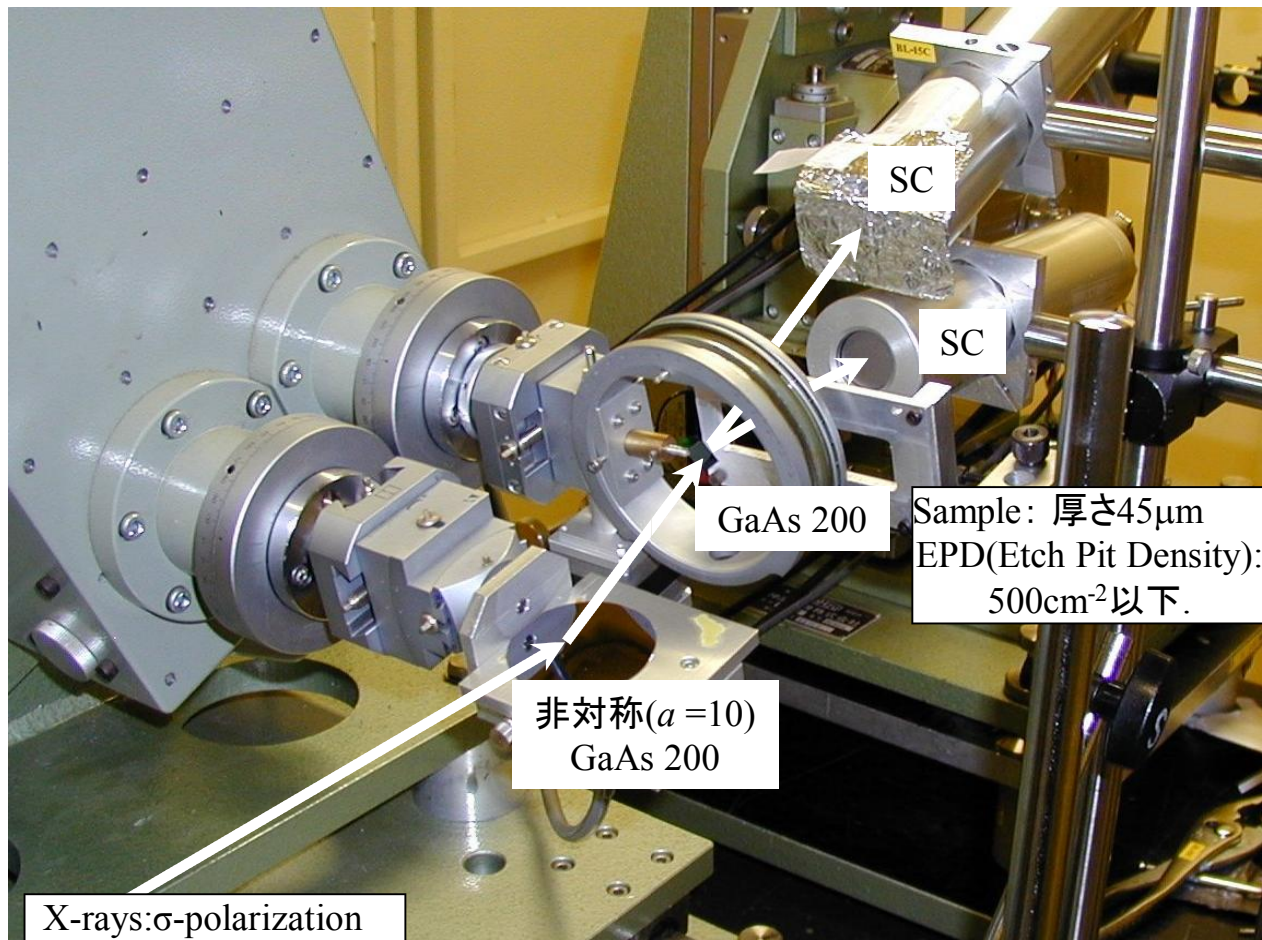
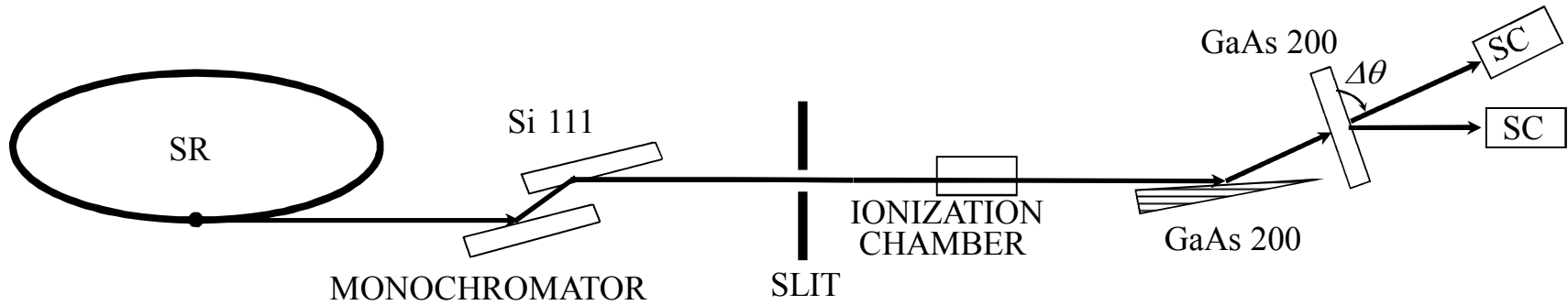
$$k = \frac{|F_{hi}|}{|F_{hr}|}$$



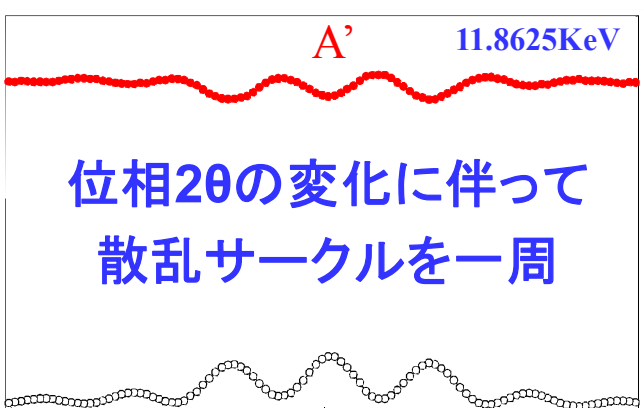
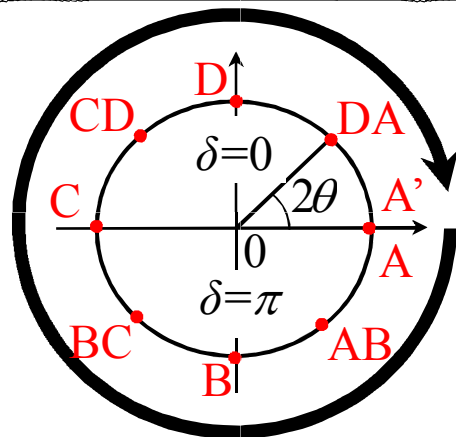
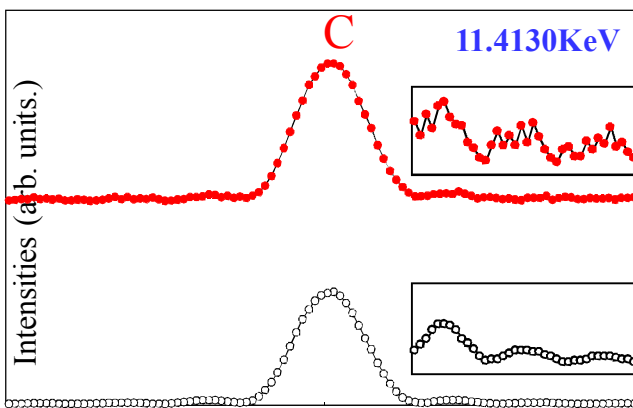
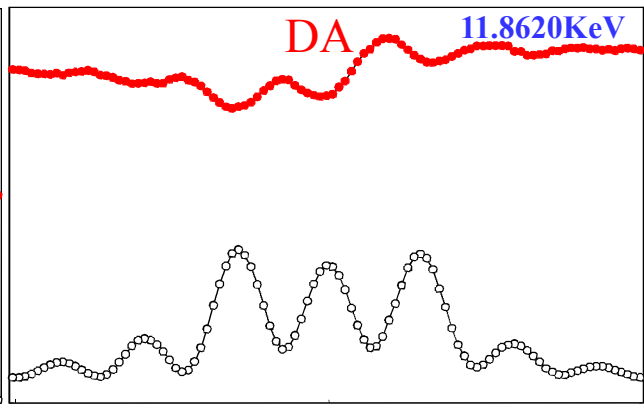
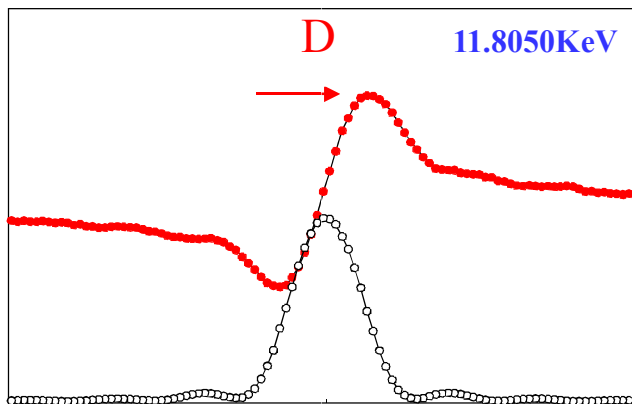
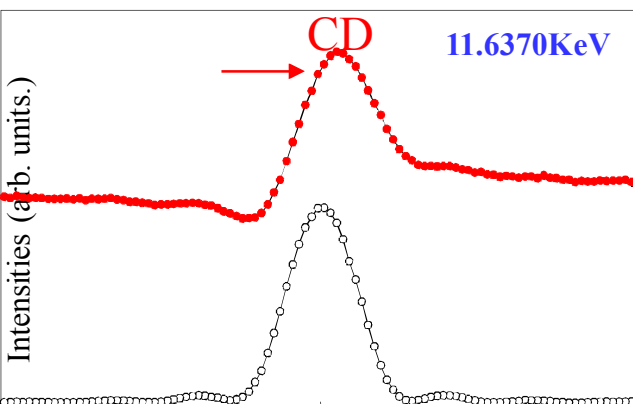
⇒ ロッキングカーブ測定から

共鳴散乱の変化 ⇔ 結晶構造因子の位相θの変化 ⇒ 構造評価に利用, 位相決定

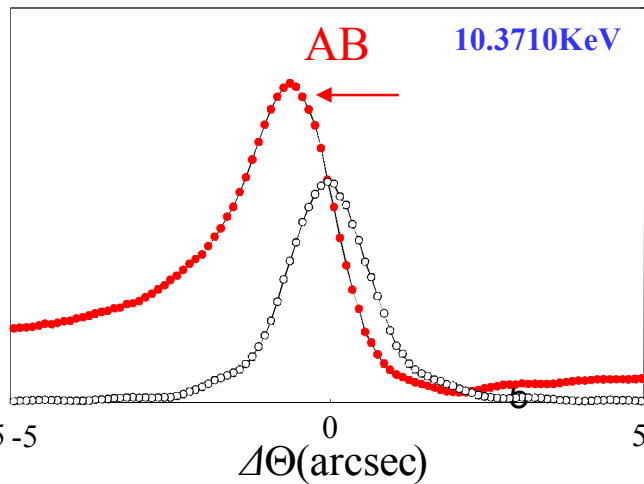
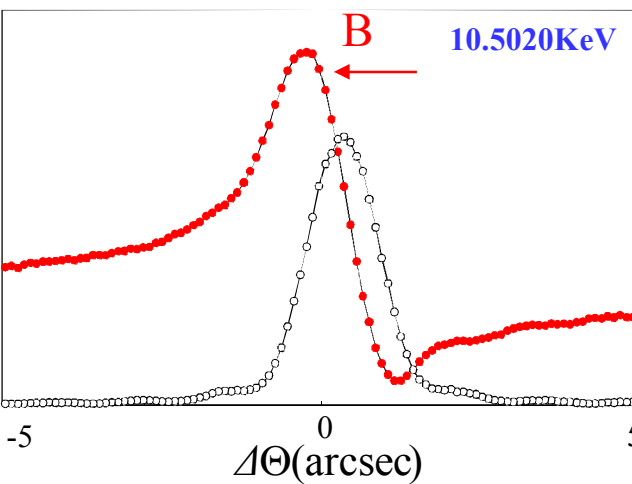
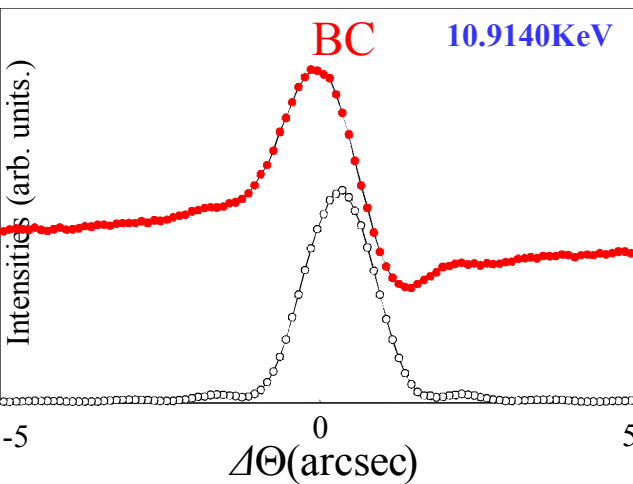
実験の光学系 (KEK-PF BL-15C)



結晶構造因子の位相 (θ) 変化とロッキングカーブの変化

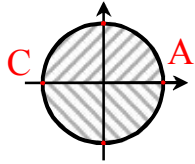


位相 2θ の変化に伴って
散乱サークルを一周



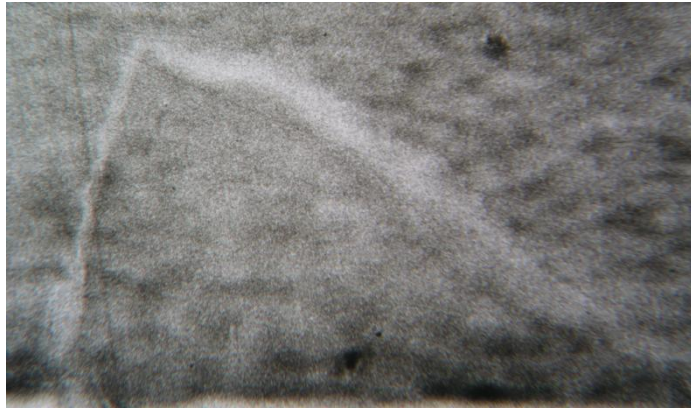
共鳴散乱を利用したトポグラフ

結晶厚: 121 μm



A

F_{hr} だけ($F_{hi}=0$)



透過像

C

暗い部分はX線が強い

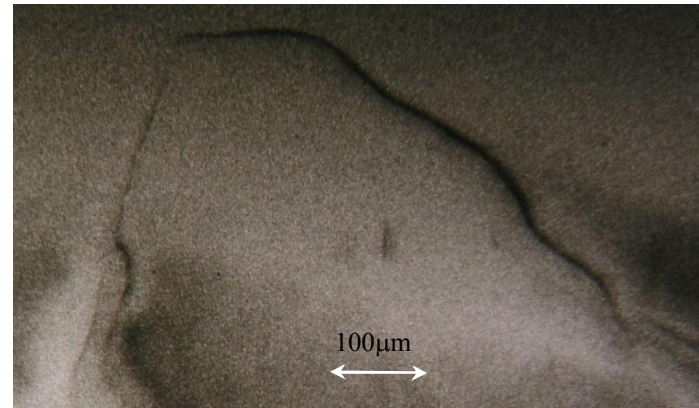
F_{hi} だけ($F_{hr}=0$)



回折像

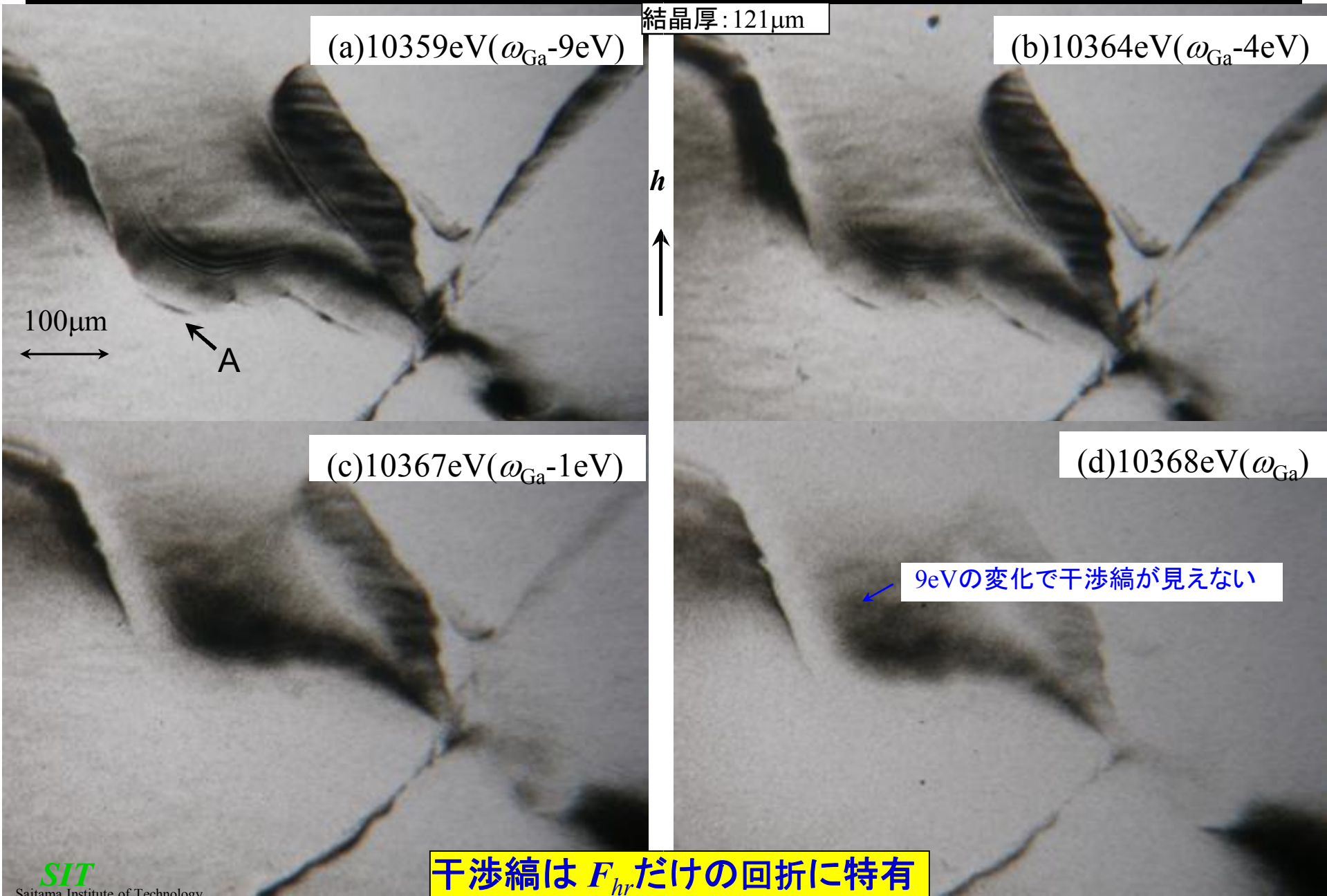


鮮明な像と干渉縞



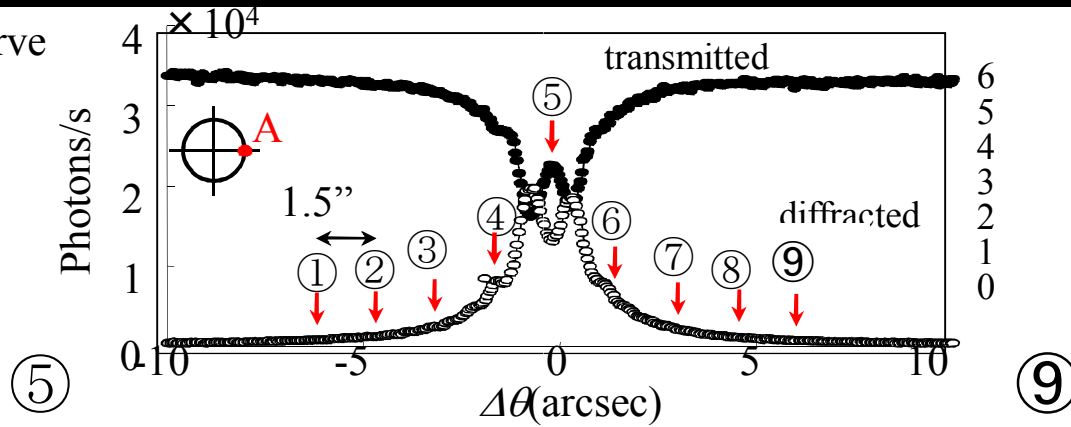
転位に対応した像

鮮明像はこの F_{hr} だけの回折に特有か？

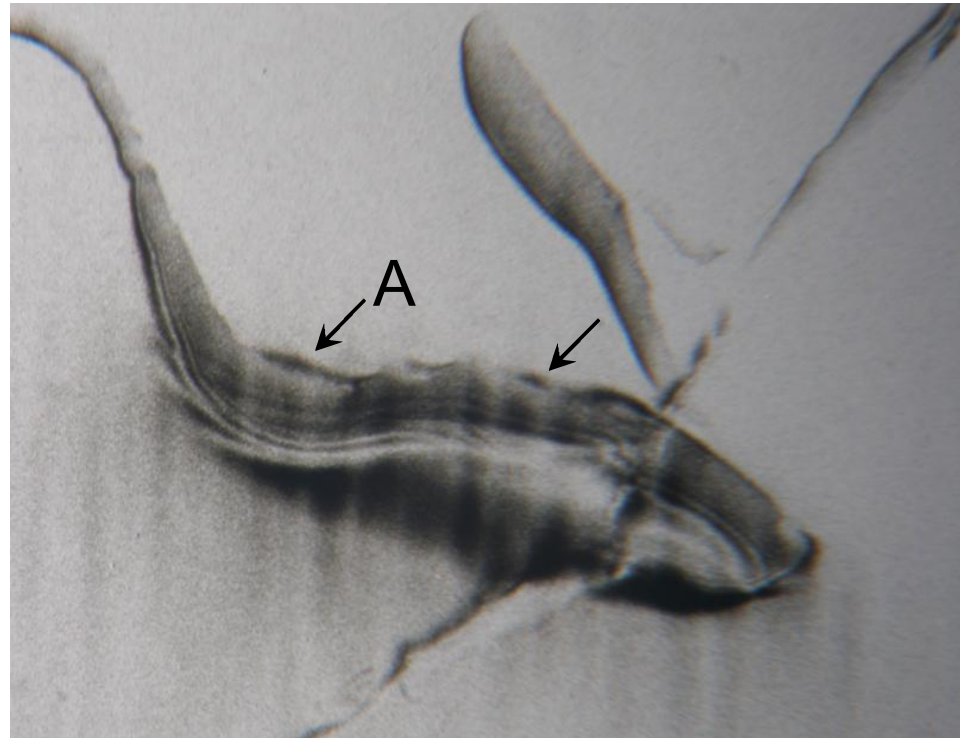
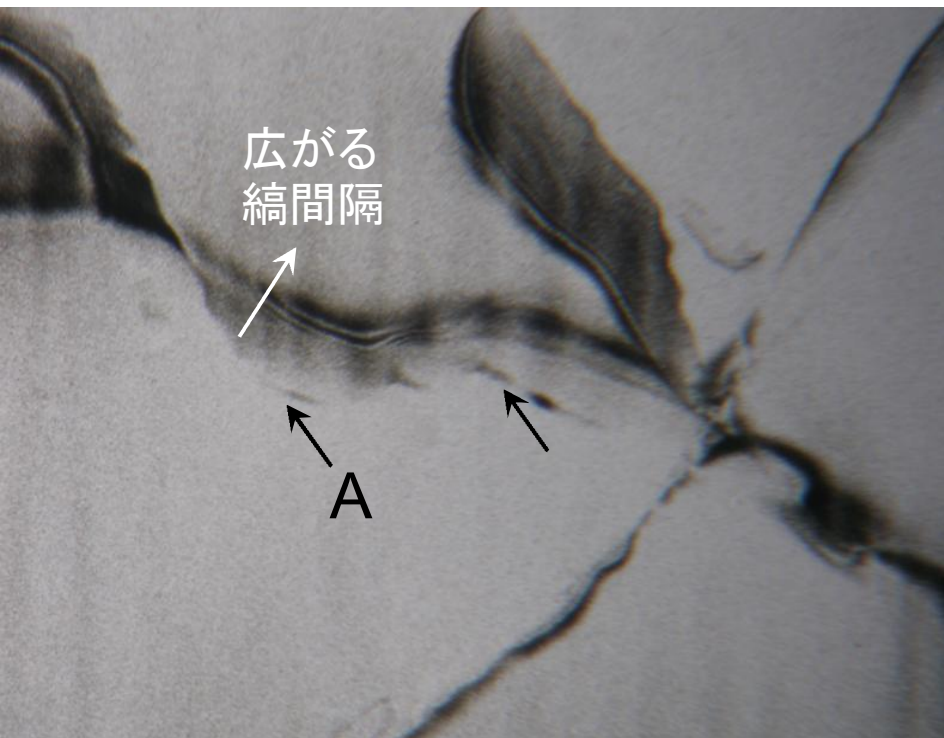


鮮明像の利用：縞間隔と回折角変化 $\Delta\theta$ の対応像

Observed rocking curve



結晶厚: 121 μm



6sec差

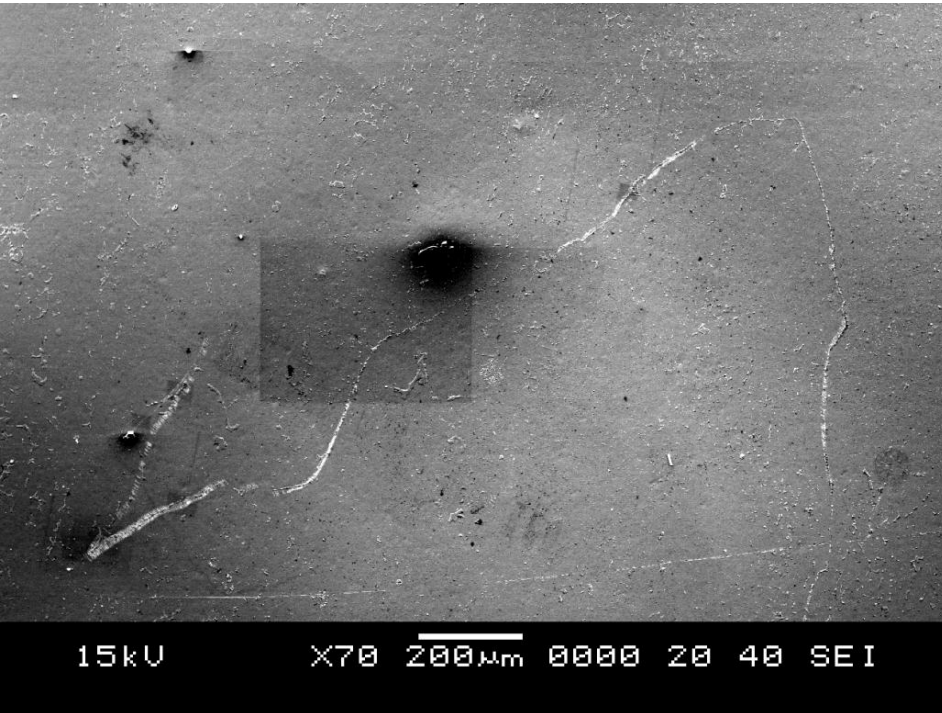
欠陥周辺の歪を反映した干渉縞

SEM(走査電子顕微鏡)像のX線入射面と出射面

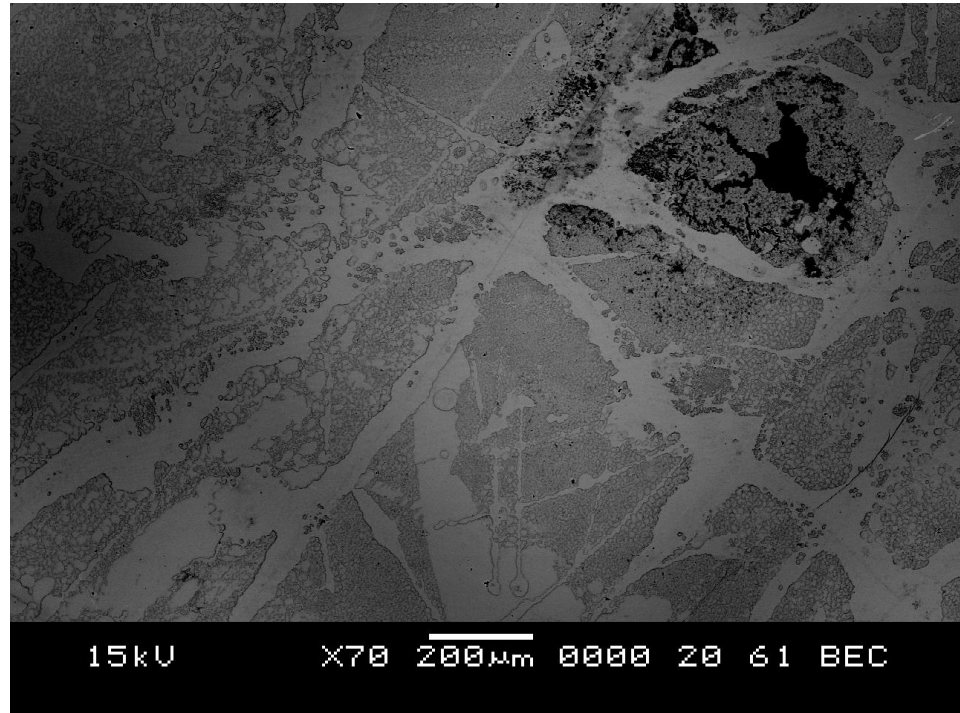
結晶厚:121 μm

研磨して $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=5:1:1$ にてエッチング後, X線入射側からSEMで観察

入射面



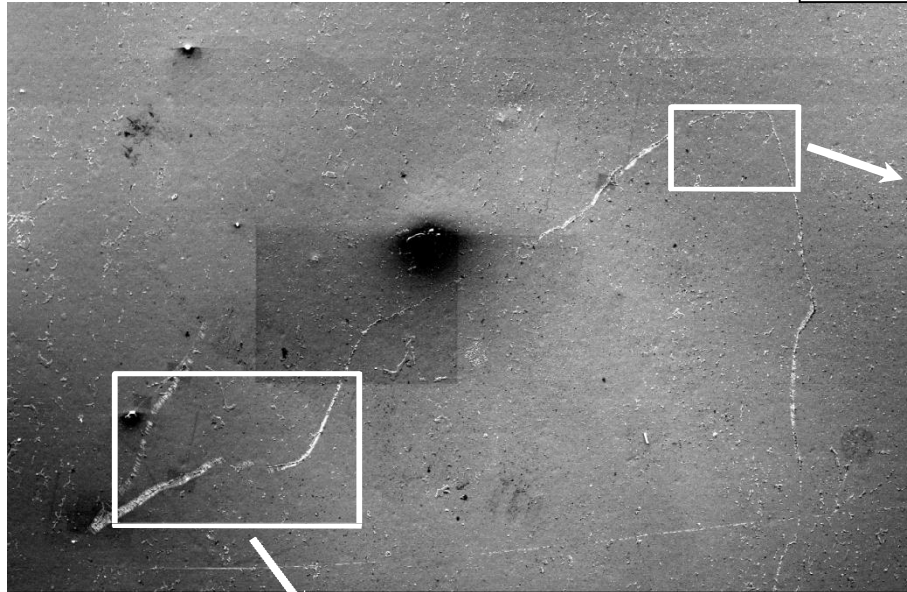
出射面



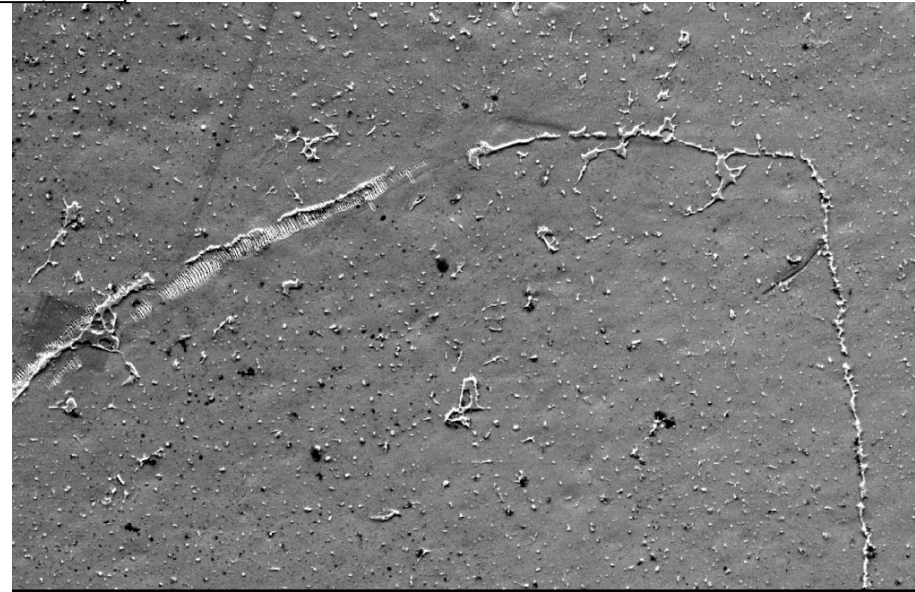
出射面には特段の像は見えない

SEM(走查電子顯微鏡)像

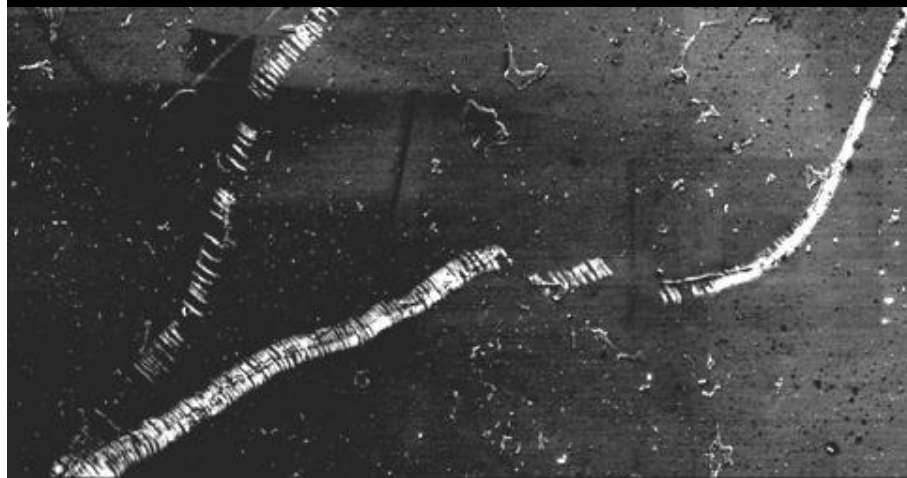
結晶厚: 121 μm



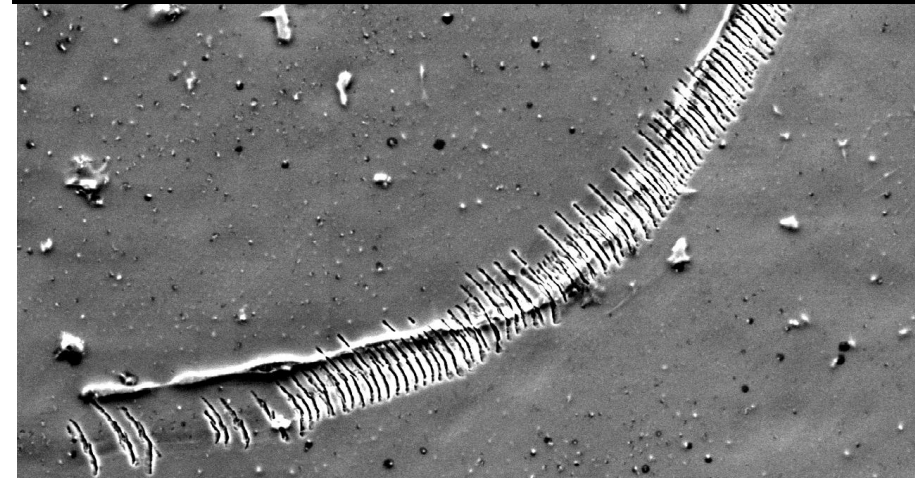
15kV X70 200 μm 0000 20 40 SEI



15kV X300 50 μm 0000 20 40 SEI

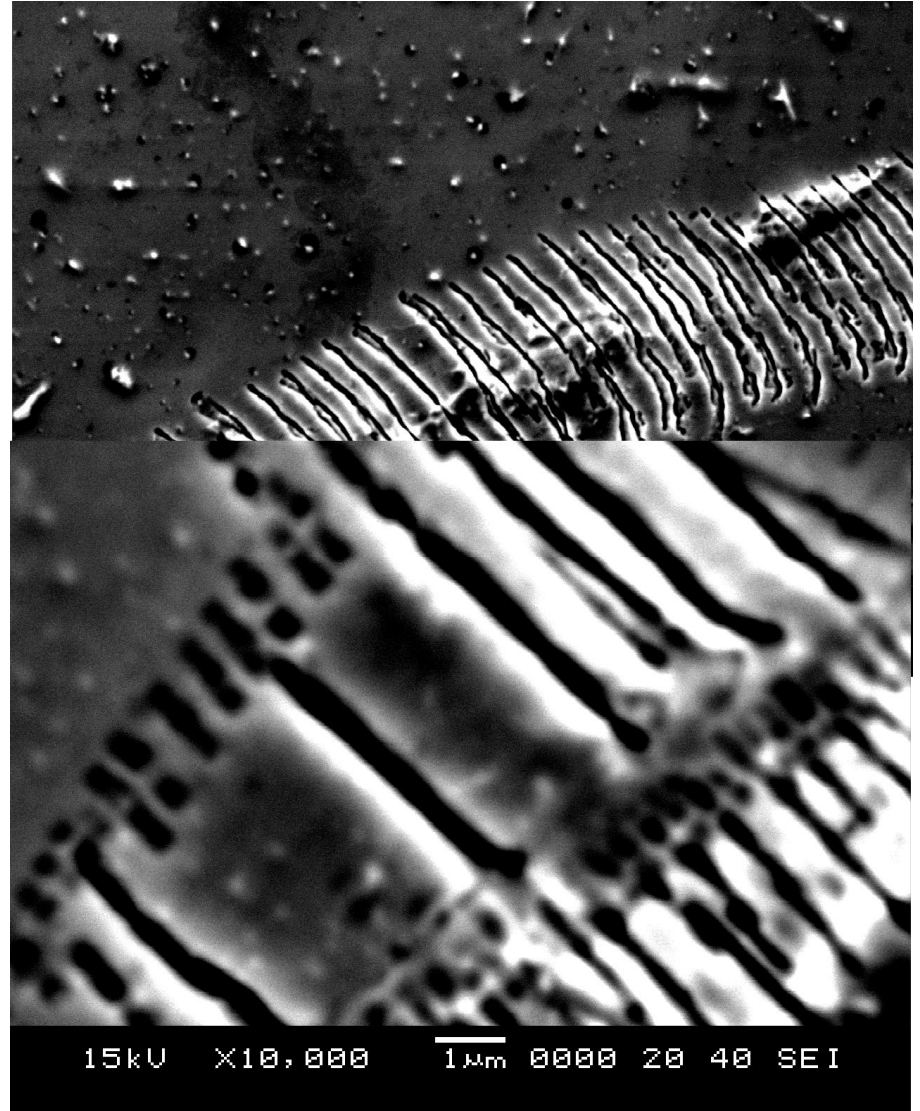
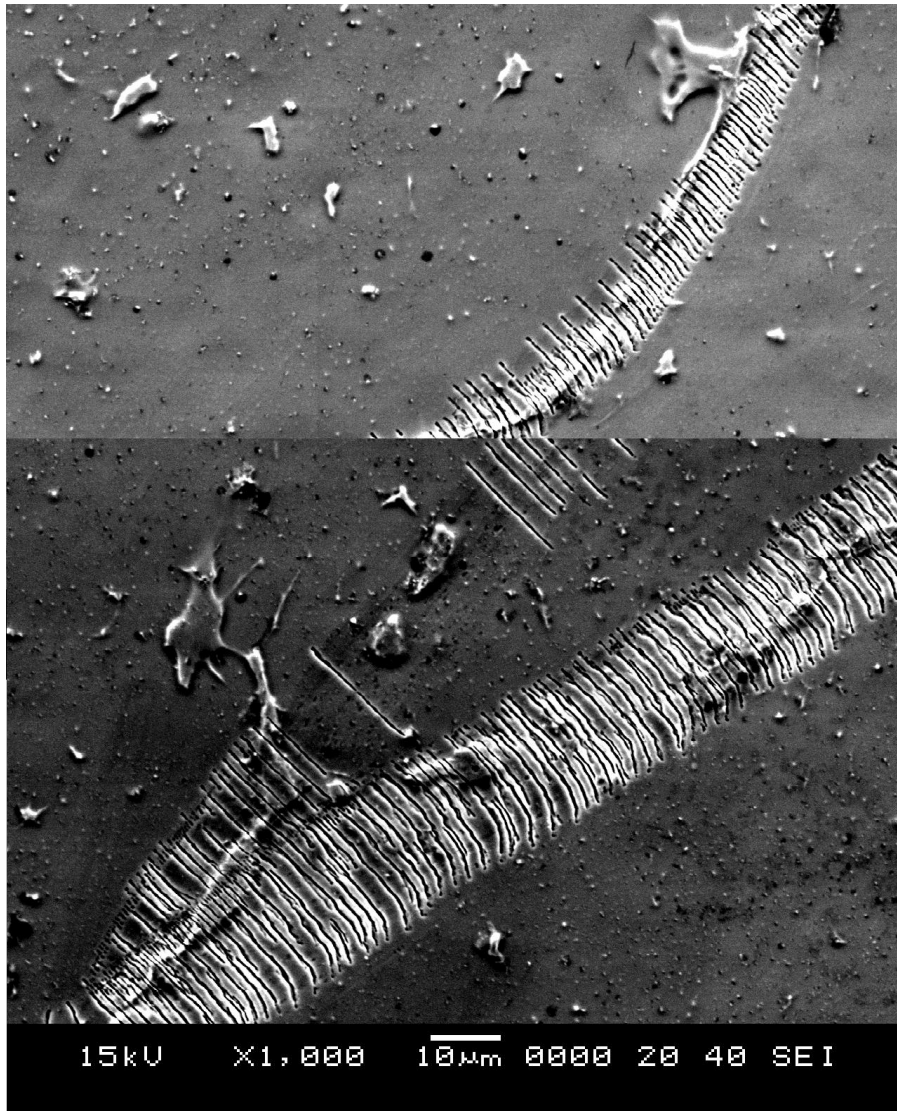


15kV X250 100 μm 0000 21 40 SEI



15kV X1,000 10 μm 0000 20 40 SEI

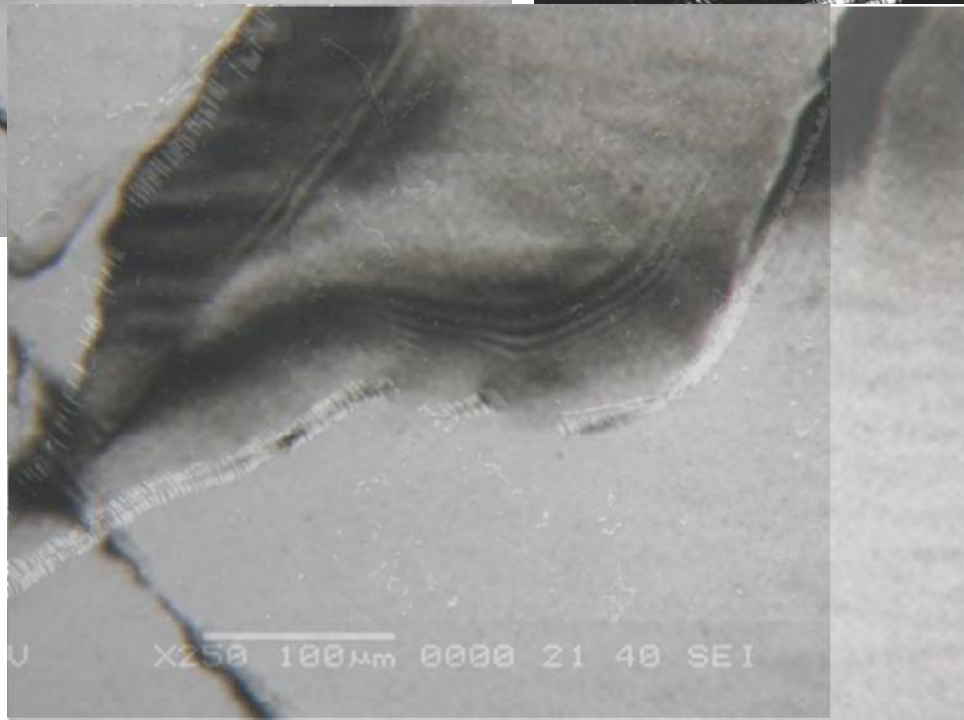
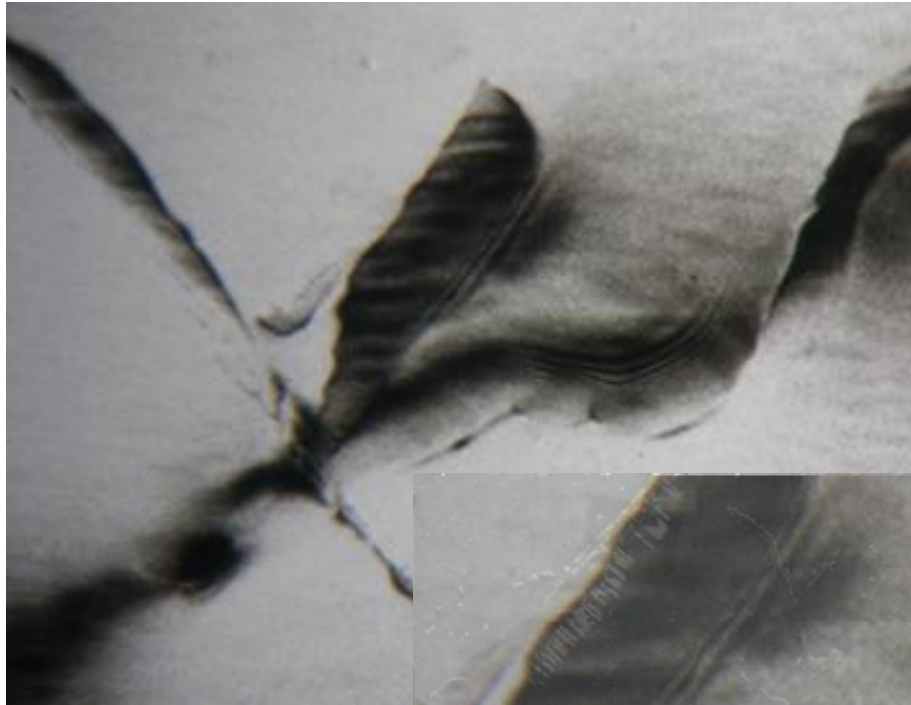
SEM(走査電子顕微鏡)像(拡大)



らせん転位像

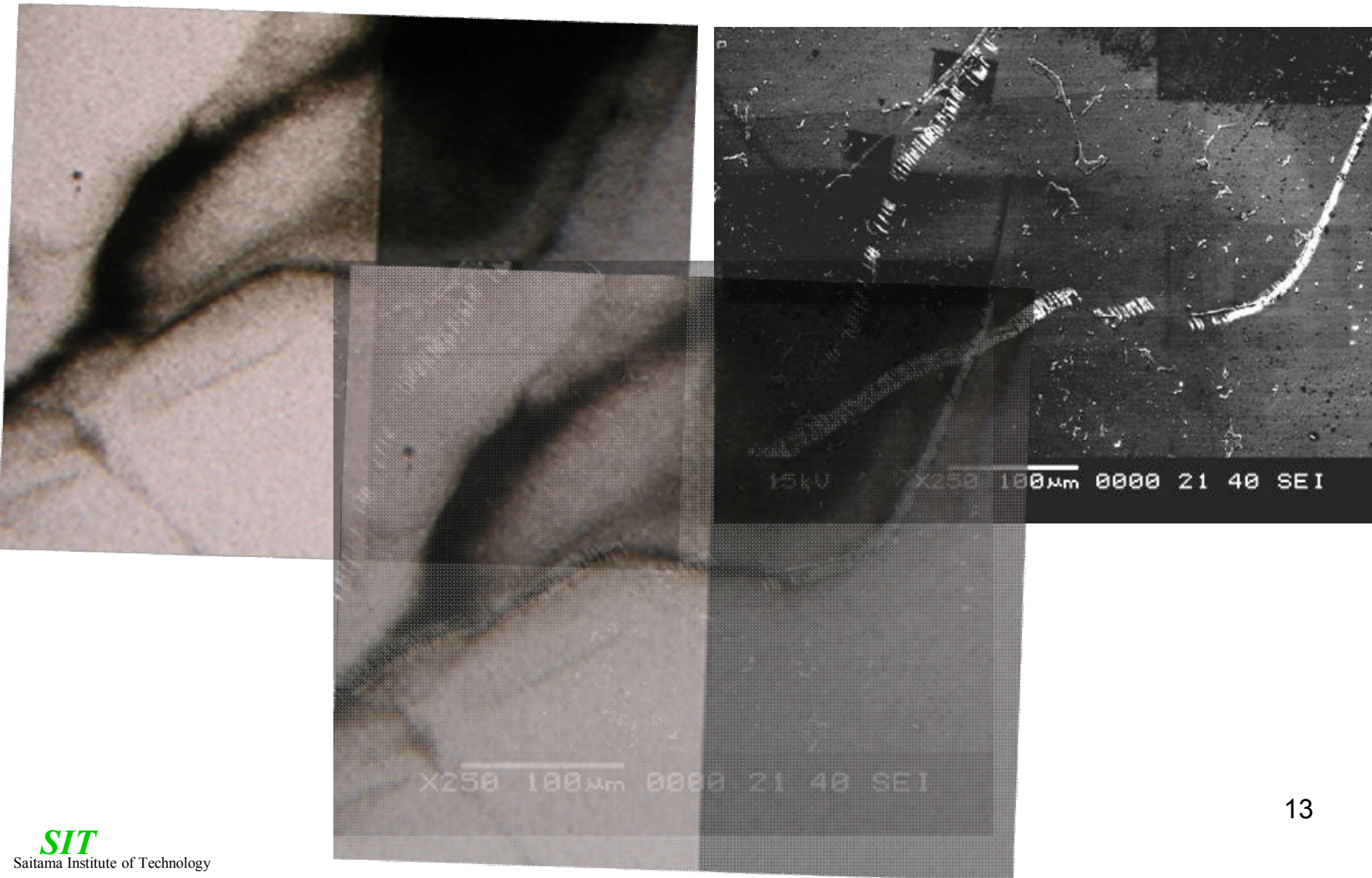
回折像とSEM像との対応1

F_{hr} だけ($F_{hi}=0$)



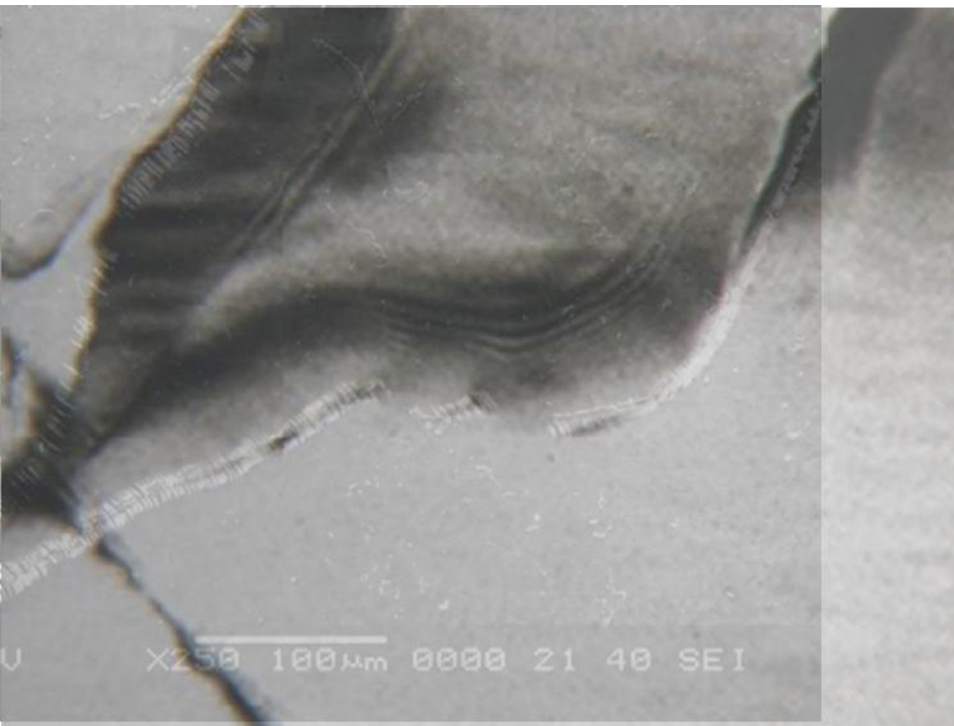
回折像とSEM像との対応2

F_{hi} だけ($F_{hr}=0$)

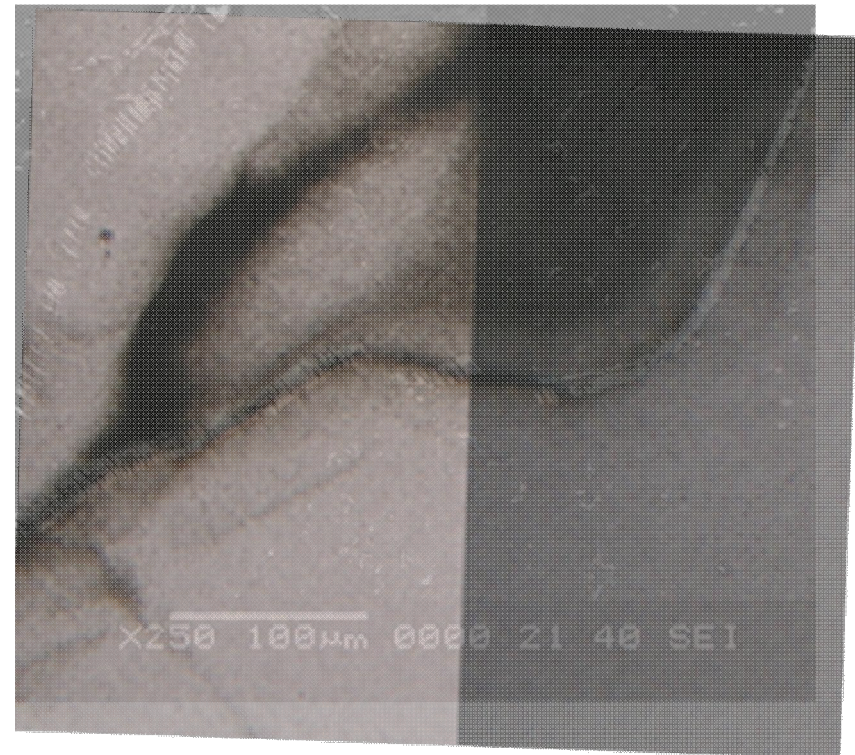


回折像とSEM像を重ねる

F_{hr} だけの回折とSEM像



F_{hi} だけの回折像とSEM像



欠陥の2種類の回折像と転位のSEM像は重なる

まとめ

共鳴散乱を利用した X-線トポグラフでは、

1) F_{hr} だけの回折像は、

○吸収結晶でも、最も鮮明なトポグラフ像が得られる。

○欠陥部周辺では欠陥による歪みを反映した干渉縞が観測され、
縞間隔は欠陥から遠ざかるに従って広がる。

○干渉縞は微小な $\Delta\theta_B$ の変化に伴って位置が変化する。

2) F_{hi} だけの回折像は、転位の中央部の回折が相対的に強い。

3) 共鳴散乱を利用したトポグラフは転位が特定しやすい。