

## 第二回SPring-8産業利用報告会

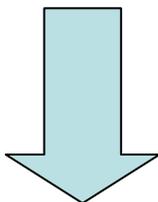
# 超高品質SiC単結晶のトポグラフを用いた 欠陥評価

(株) 豊田中央研究所

山口聡、中村大輔、郡司島造、広瀬美治

# 1. 背景

SiC: 次世代パワーデバイスの基板材料として期待



高品質なSiC単結晶基板が不可欠

RAF (Repeated A-Face)成長法により高品質化

表 4H-SiCとSiの物性値

	4H-SiC	Si
バンドギャップ (eV)	3.26	1.12
絶縁破壊電圧 (MV/cm)	2.8	0.3
熱伝導率 (W/cmK)	4.9	1.5

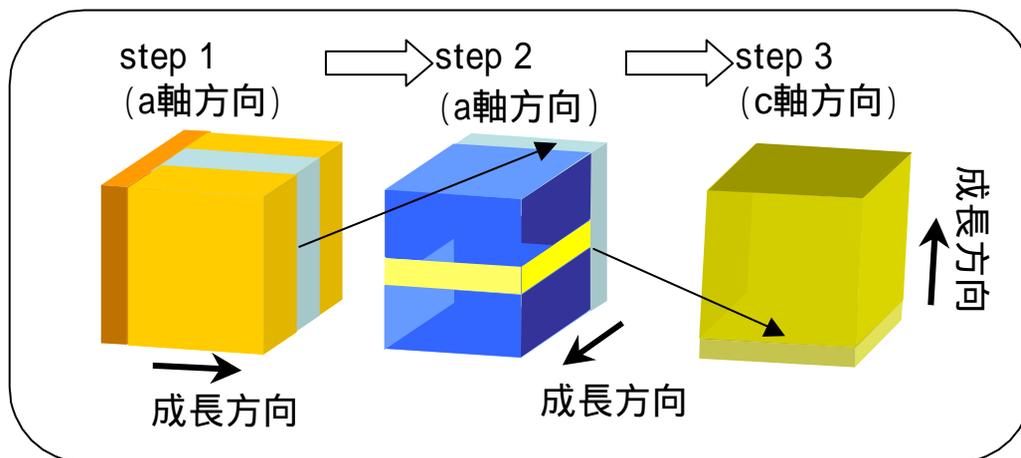
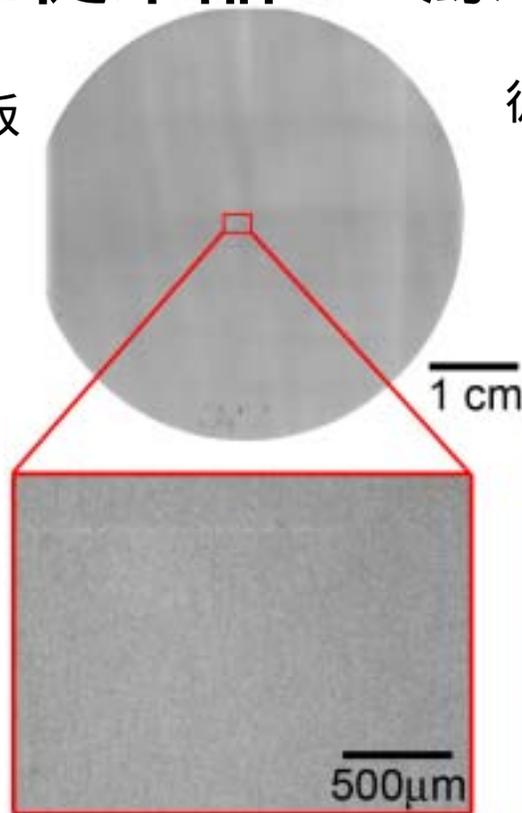


図 RAF成長法の概略図

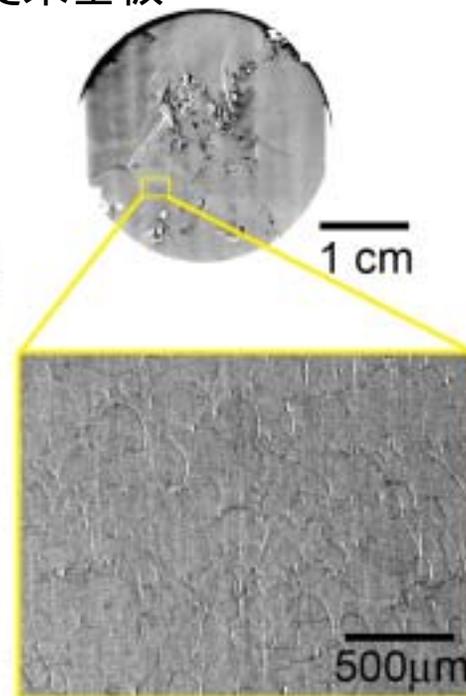
# RAF基板と従来品のX線トポグラフ

11 $\bar{2}$ 8反射

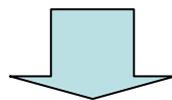
RAF基板



従来基板



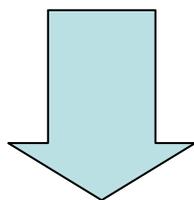
RAF基板は結晶欠陥が極めて少ない



バルク敏感な高分解能X線トポグラフィ  
により転位ネットワークの解析が可能

## 2. 目的

RAF基板を放射光トポグラフィで調べ、  
SiC単結晶の転位の詳細を明らかにする。



欠陥の種類とデバイス特性との対応

プロセスフィードバック  
高信頼性SiCデバイス開発へ貢献

# X線トポグラフィによる転位の観察

X線トポグラフに現れる転位のコントラスト

$$I = \vec{g} \cdot \vec{b} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{l} \vec{g} / \vec{b} \\ \vec{g} \quad \vec{b} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{ベストコントラスト} \\ \text{ノーコントラスト} \end{array}$$

$\vec{g}$  : 回折ベクトル(回折面の法線)  
 $\vec{b}$  : Burgers vector

複数の回折面でのトポグラフ



転位の詳細な種類と構造が分かる。

# 3. 実験

## 3-1. トポグラフィ実験

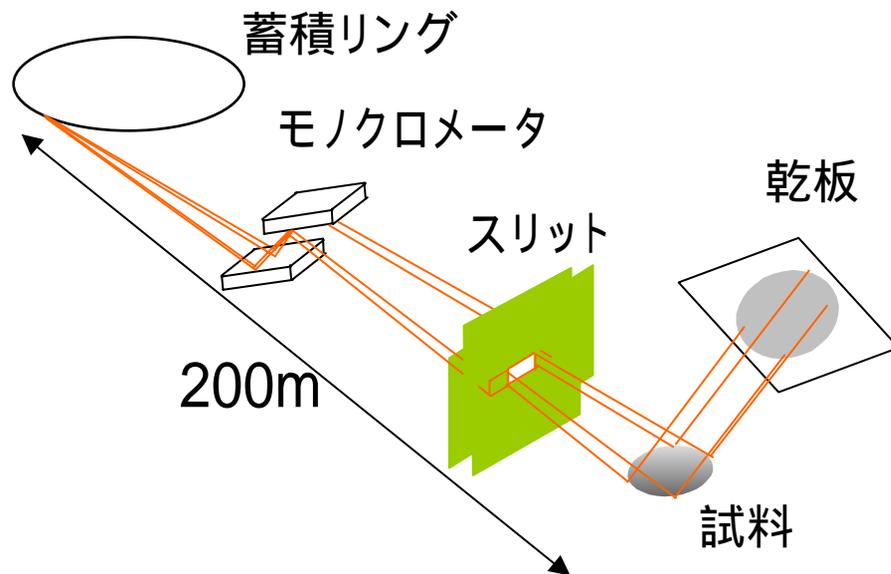
BL20B2 高平行大面積単色X線

最大ビームサイズ: 300mm(W) × 20mm(H)

BL16B2 サンビーム

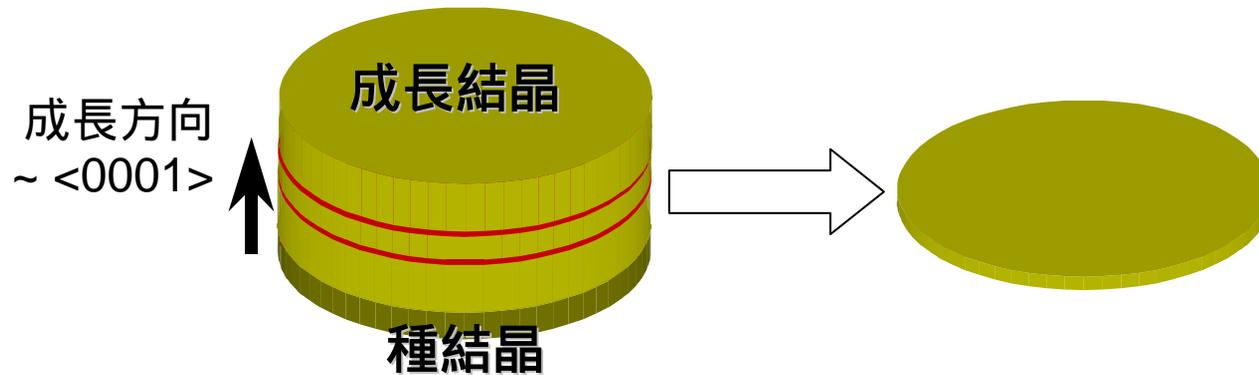
放射光を用いるメリット

大強度、高平行性、エネルギー選択性

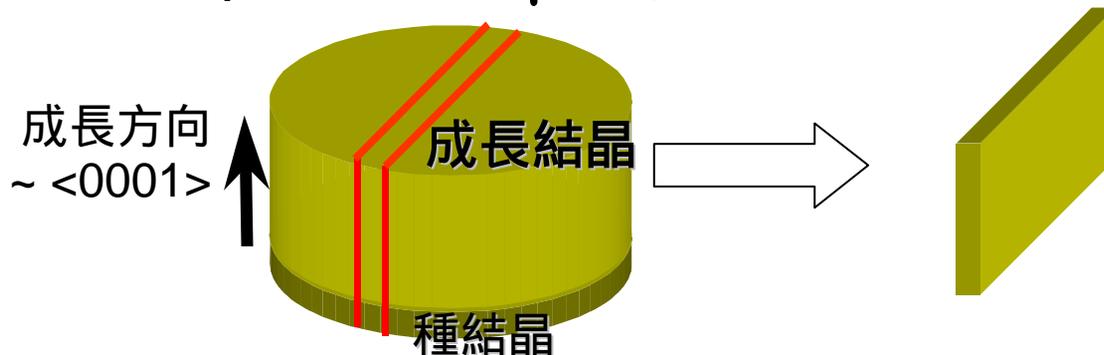


## 3-2. 試料

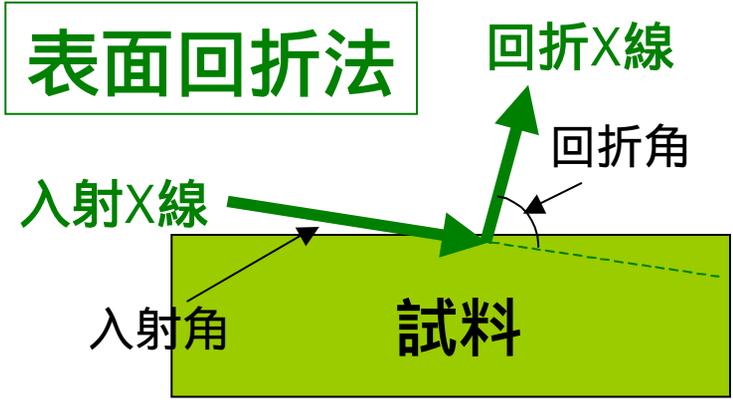
- ・ 4H-SiC {0001} 8°-off RAF基板  
( $t = 400 \mu\text{m}$ , EPD  $\sim 1000 \text{ cm}^{-2}$ )



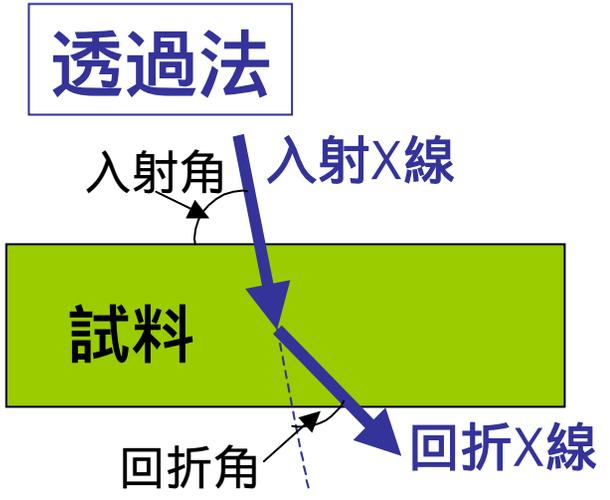
- ・ 4H-SiC {1-100} RAF基板  
( $t = 400 \mu\text{m}$ , EPD  $\sim 3000 \text{ cm}^{-2}$ )



# 3-3. 実験条件



**表面敏感**



**バルク敏感**

実験条件表

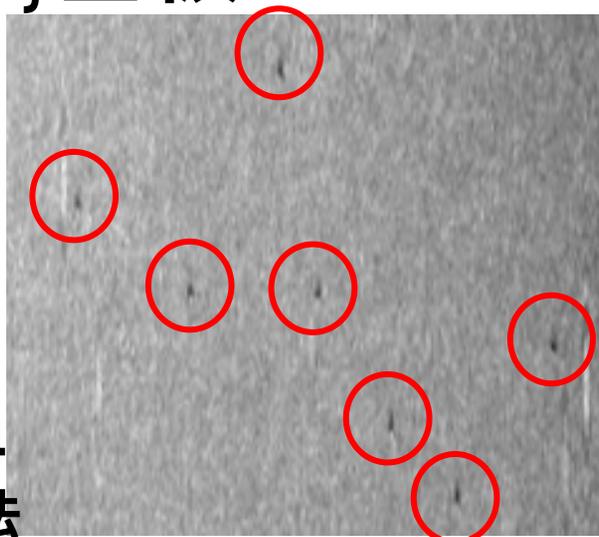
試料	{0001}			{1-100}	
	<b>表面回折法</b>	<b>透過法</b>			
反射面	0004	11 $\bar{2}$ 0	1 $\bar{1}$ 00	0004	22 $\bar{4}$ 0
分析深さ	<b>15<math>\mu</math>m</b>	<b>バルク</b>	<b>バルク</b>	<b>バルク</b>	<b>バルク</b>
ビームライン	BL20B2	BL20B2	BL20B2	BL20B2	BL16B2

# 4-1. 結果と考察

{0001}基板

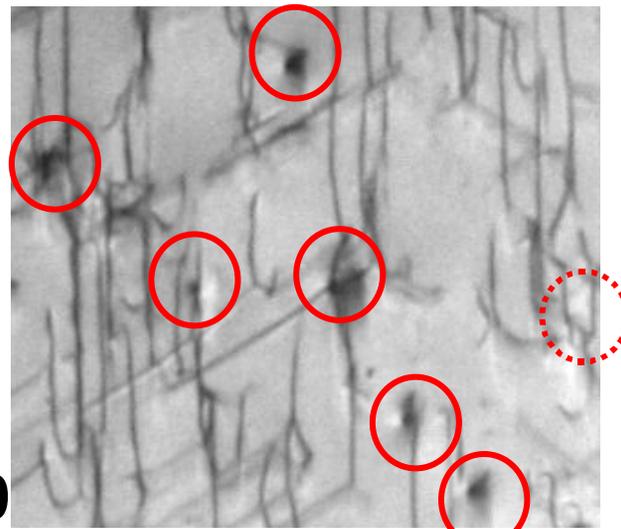
~Threading dislocation~

⊙  
g = 0004  
表面反射法



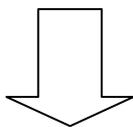
500 μm

↑  
g = 11-20  
透過法



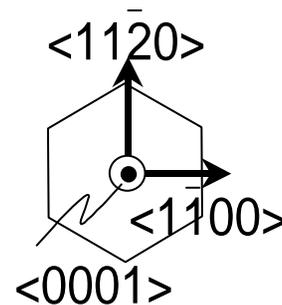
500 μm

Threading dislocation

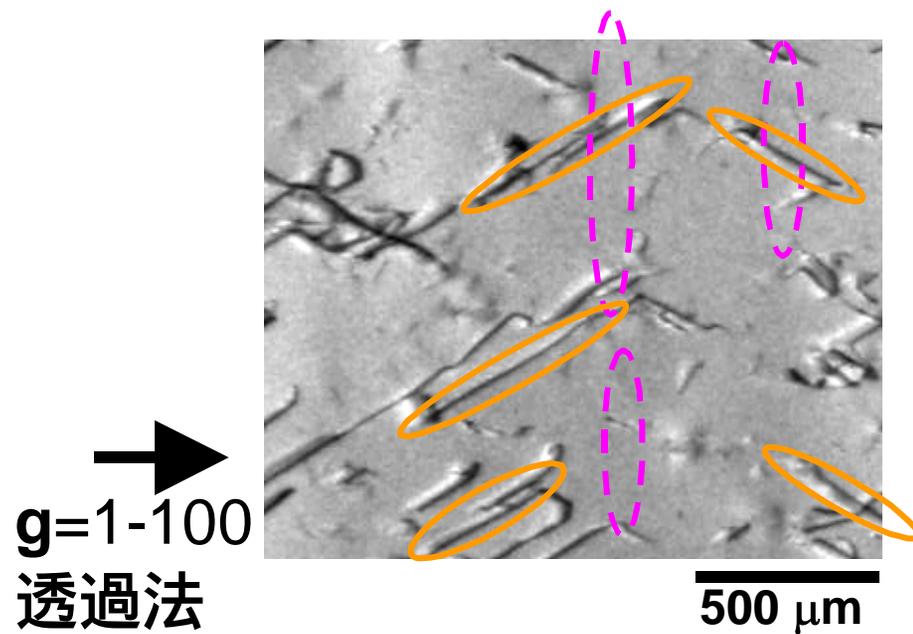
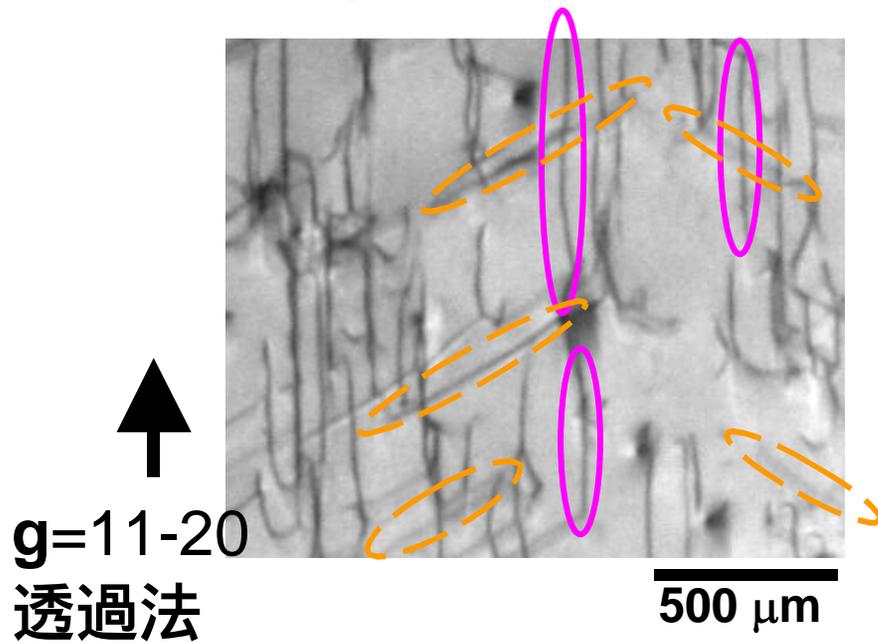


混合転位

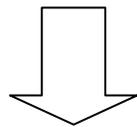
$$\vec{b} = 1\vec{c} + n\vec{a}$$



# ~Basal-plane dislocation~

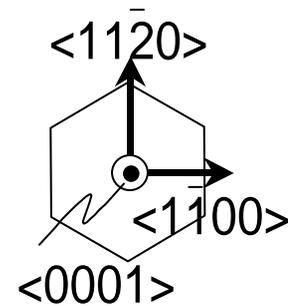


Basal-plane dislocation

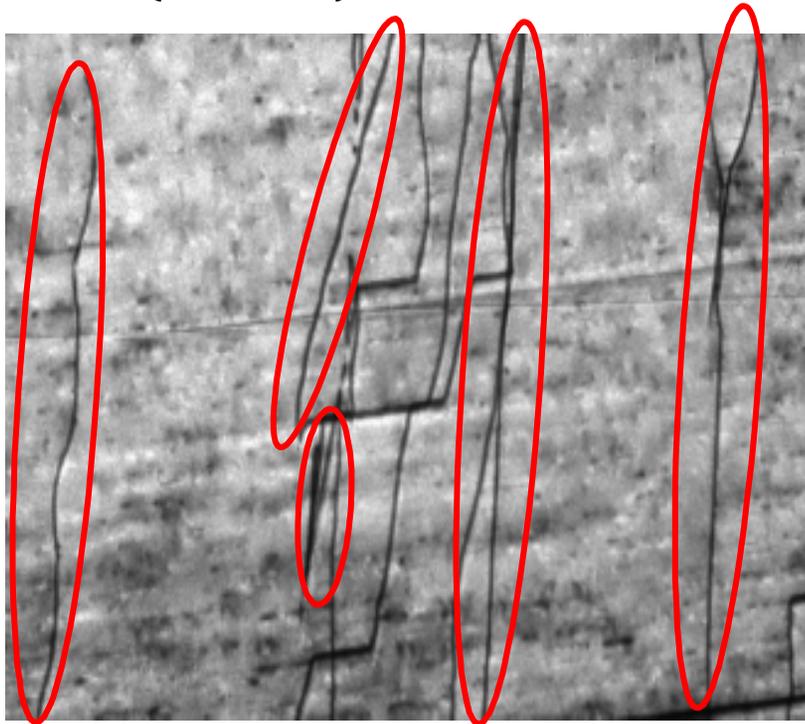


らせん転位 //  $\langle 11-20 \rangle$

$\vec{b}$  //  $\langle 11-20 \rangle$

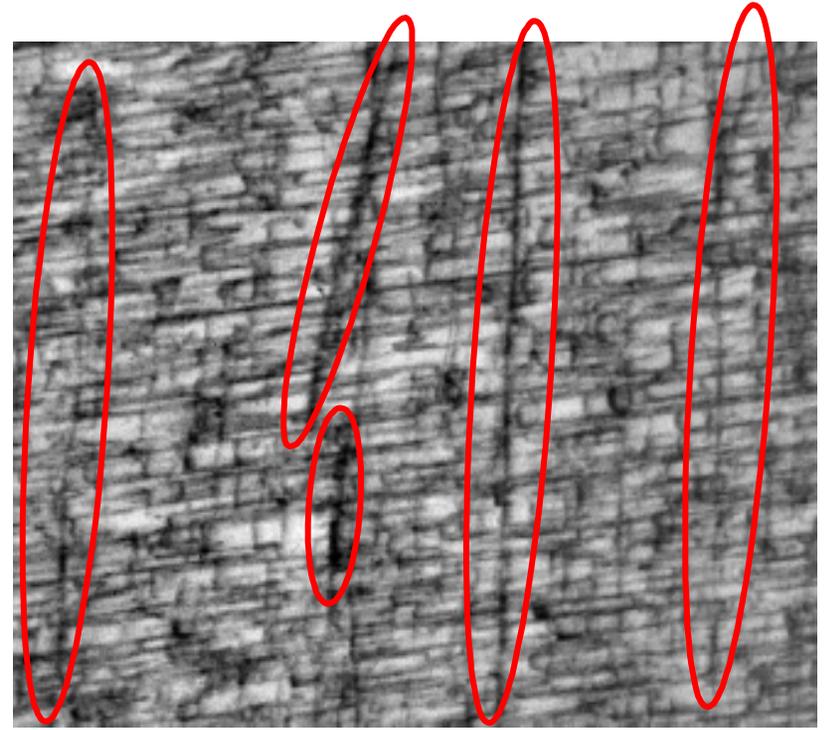


## 4-2. $\{1\bar{1}00\}$ substrate

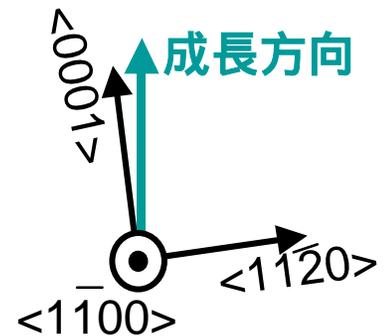


$g = 0004$   
透過法

500 $\mu\text{m}$



$g = 22\bar{4}0$   
透過法



- Threading dislocation は主に **混合転位** から成る。
- Basal-plane dislocation間を短い ( $<100 \mu\text{m}$ ) **刃状転位** がつないでいる。

## 5. まとめ

Threading dislocation

- 混合転位:  $\vec{b} = 1\mathbf{c} + n\mathbf{a}$
- 刃状転位: 100  $\mu\text{m}$ 以下の長さ

Basal-plane dislocation

- らせん転位 //  $\langle 11-20 \rangle$