

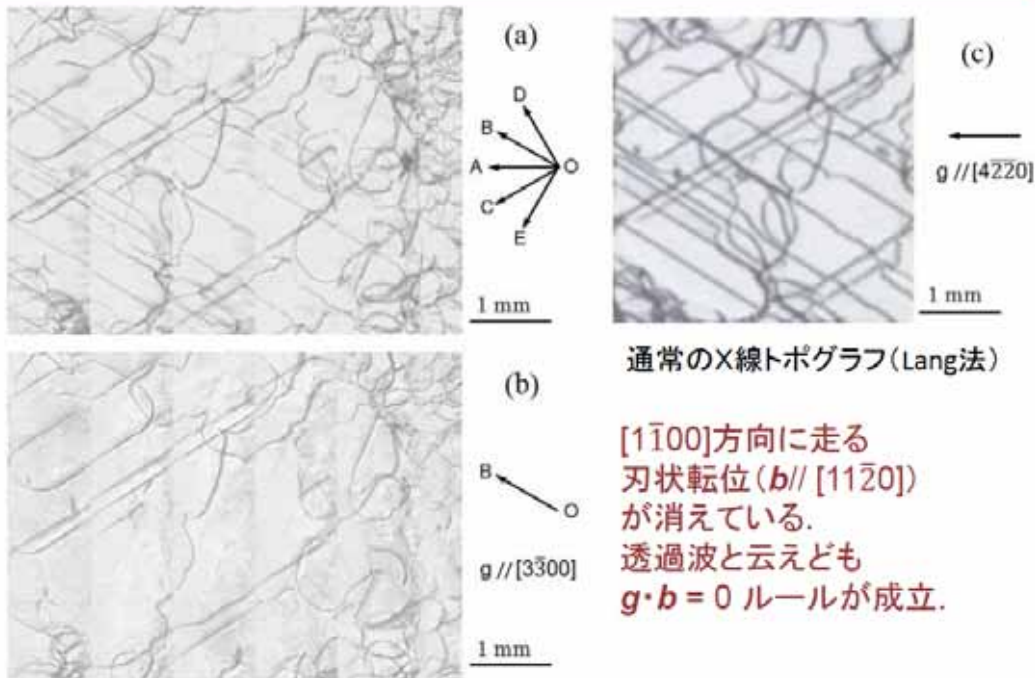
SAGA-LSでの 同時回折X線トポグラフィーの試み

九州シンクロトロン光研究センター
石地耕太郎

はじめに

同時回折条件において、直接光にも転位が確認された[1]。
直接透過光は強度が強く、X線トポグラフィ撮影に有利と期待できる。

サファイヤ結晶の多波回折X線トポグラフィ



利用支援(汎用化)を視野に、SAGA-LSでも同時回折を試みた。



- 薄板試料(結晶面反りが大きい系)
- 実験条件の調査
- 撮影時間の違い
- 転位イメージの見え方

2017年X線トポグラフィ研究会の発表例[1]

[1] 津坂佳幸, X線トポグラフィ研究会 (2017).;
Y. Tsusaka, et al., Rev. Sci. Instr. 87, 23701 (2016).

実験

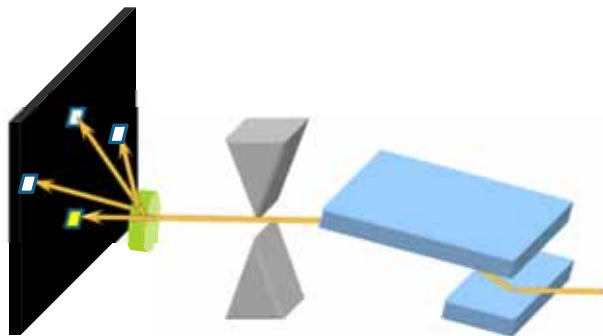
頻度の高いSiCウェハーを使って、回折と直接透過光を観察。

[Sample]

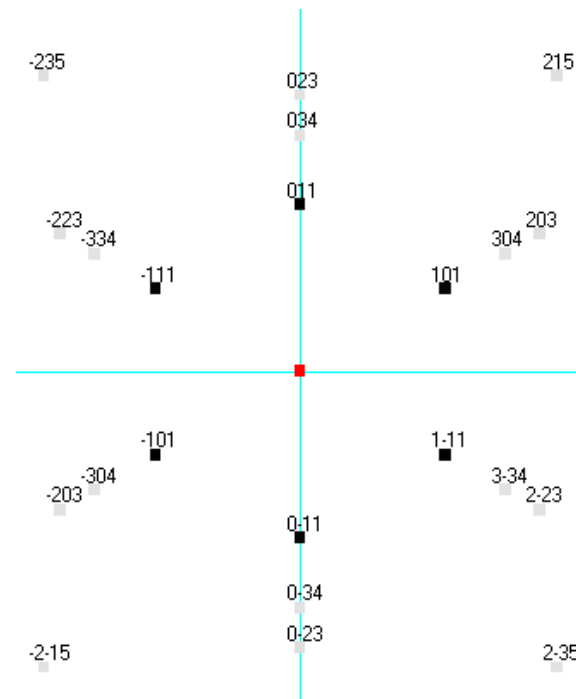
エピ膜付き4H-SiC(0001), 4度オフ角, 0.13 mm厚(エピ膜厚: 5 μm)

[Experiment]

[-1101], [01-11], [10-11]の同時回折条件
と直接透過光を蛍光板で調整、X線フィルム
で撮影。 $b_{\text{BPD}} \cdot g = 0$ となり得る回折。



透過X線トポグラフィー配置



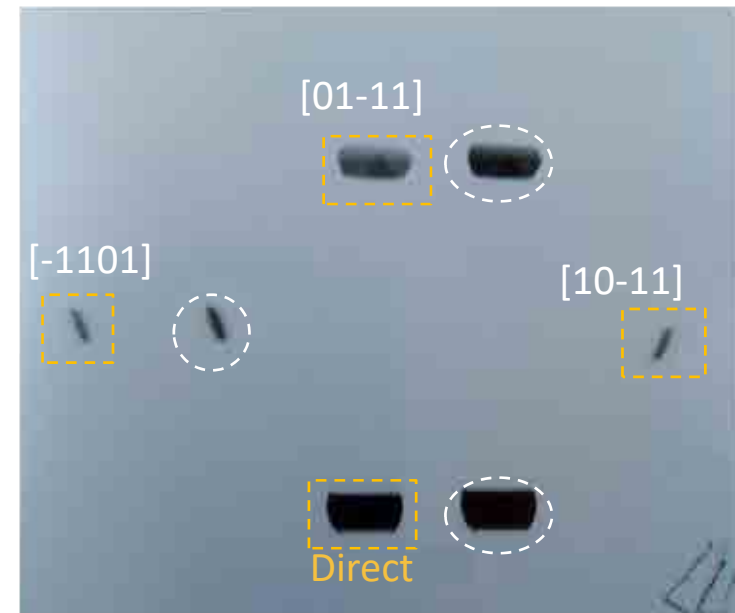
LauePTシミュレーションでの回折斑点イメージ

同時回折の観察

蛍光板で確認しながら、同時回折条件を調整



蛍光板に映った同時回折映像



X線フィルムでの回折の撮影

[01-11]

試料の大部分が回折

[-1101], [10-11]

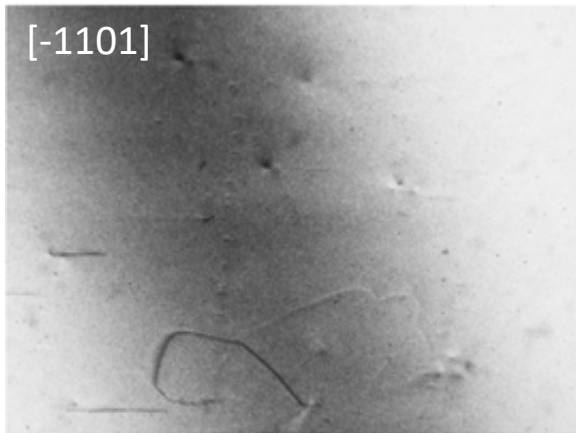
試料のごく一部から回折



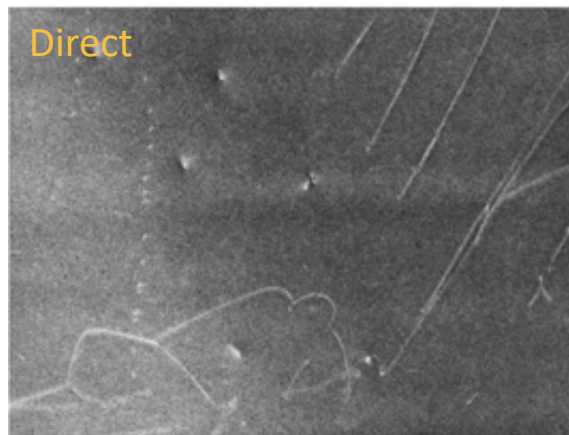
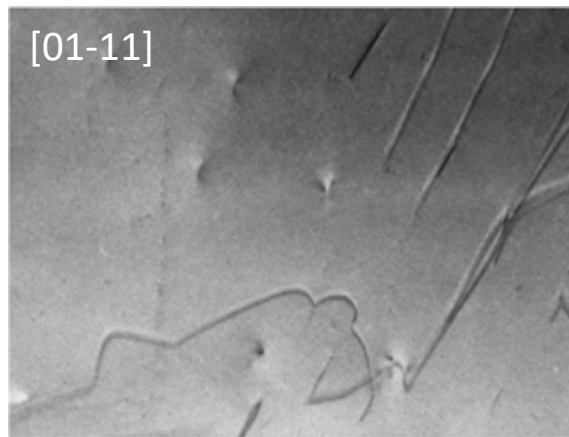
結晶面に対しビームが斜めに入射する。結晶面反りのため、回折条件を満たした面積が小さい。

静止撮影での転位構造

静止状態で転位構造を観察



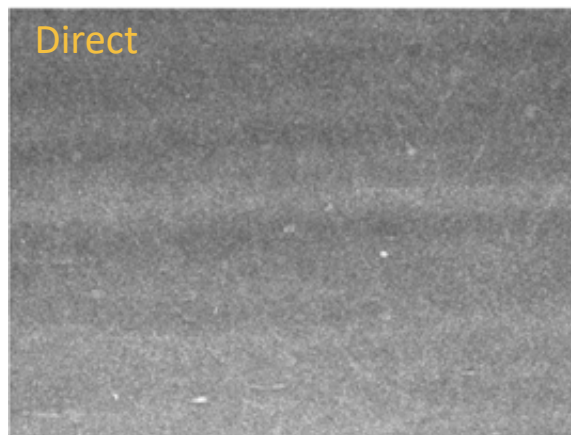
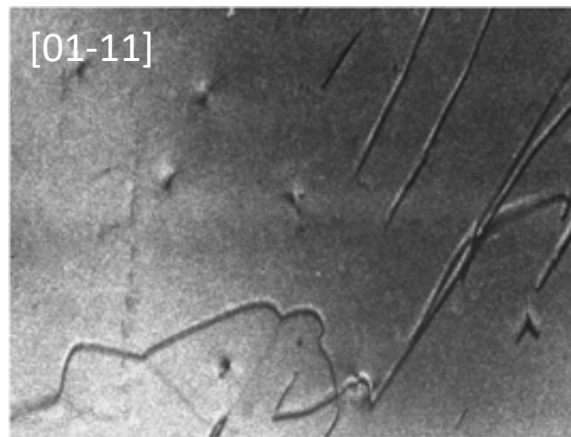
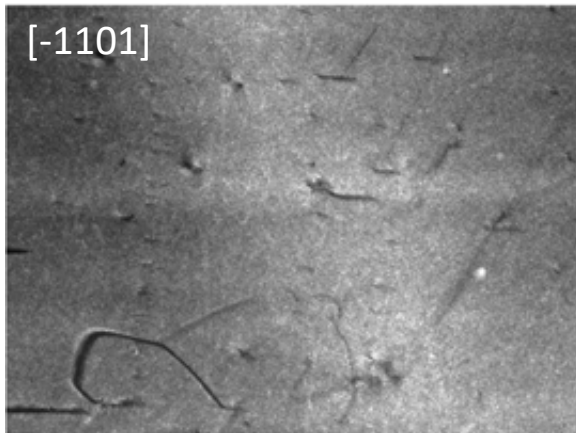
静止状態で撮影した
同時回折のX線トポグラフ
($E = 9.5 \text{ keV}$)



- Directの撮影時間は回折の半分以下。
- [-1101], [01-11], Directに転位構造を観察。
- [-1101], [01-11]は見えていないBPDがある。
 $b_{\text{BPD}} \cdot g = 0$ の条件。
- Directでは白黒コントラストが反転し、全転位が見えている。
- 転位の明瞭さは回折の方がベター。

走査撮影での転位構造

軸を動かしながら、転位構造を観察

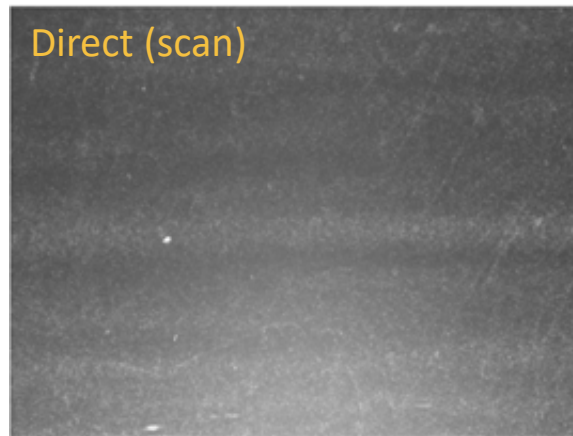
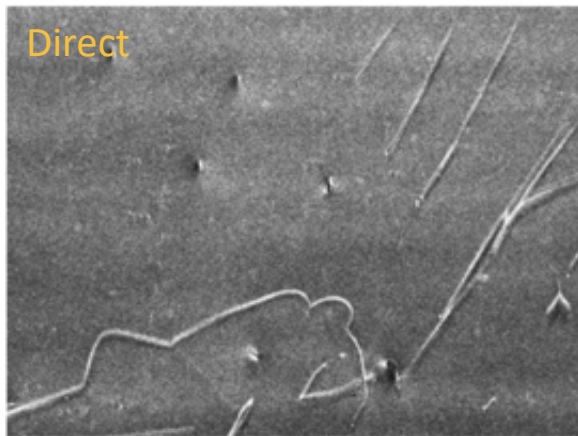
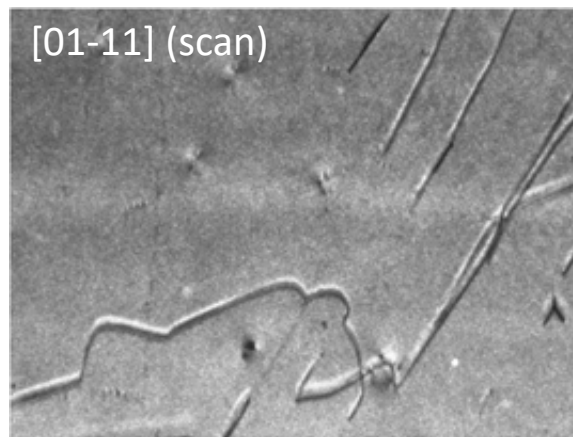
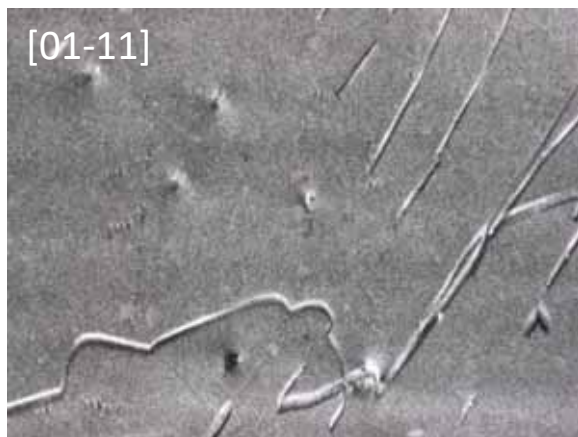


エネルギー走査しながら撮影した
同時回折のX線トポグラフ
($E = 9.5 \text{ keV}$)

- 広面積撮影のため、通常、エネルギー軸、または上下軸を動かす。
- [-1101], [01-11]は通常の転位構造が観察。
- Directに何も映っていない。Directなので、撮影箇所は動かず、走査中は露光され続けている。転位が薄すぎて見えない。

単一回折での転位構造

[01-11]のみを残して、転位構造を観察

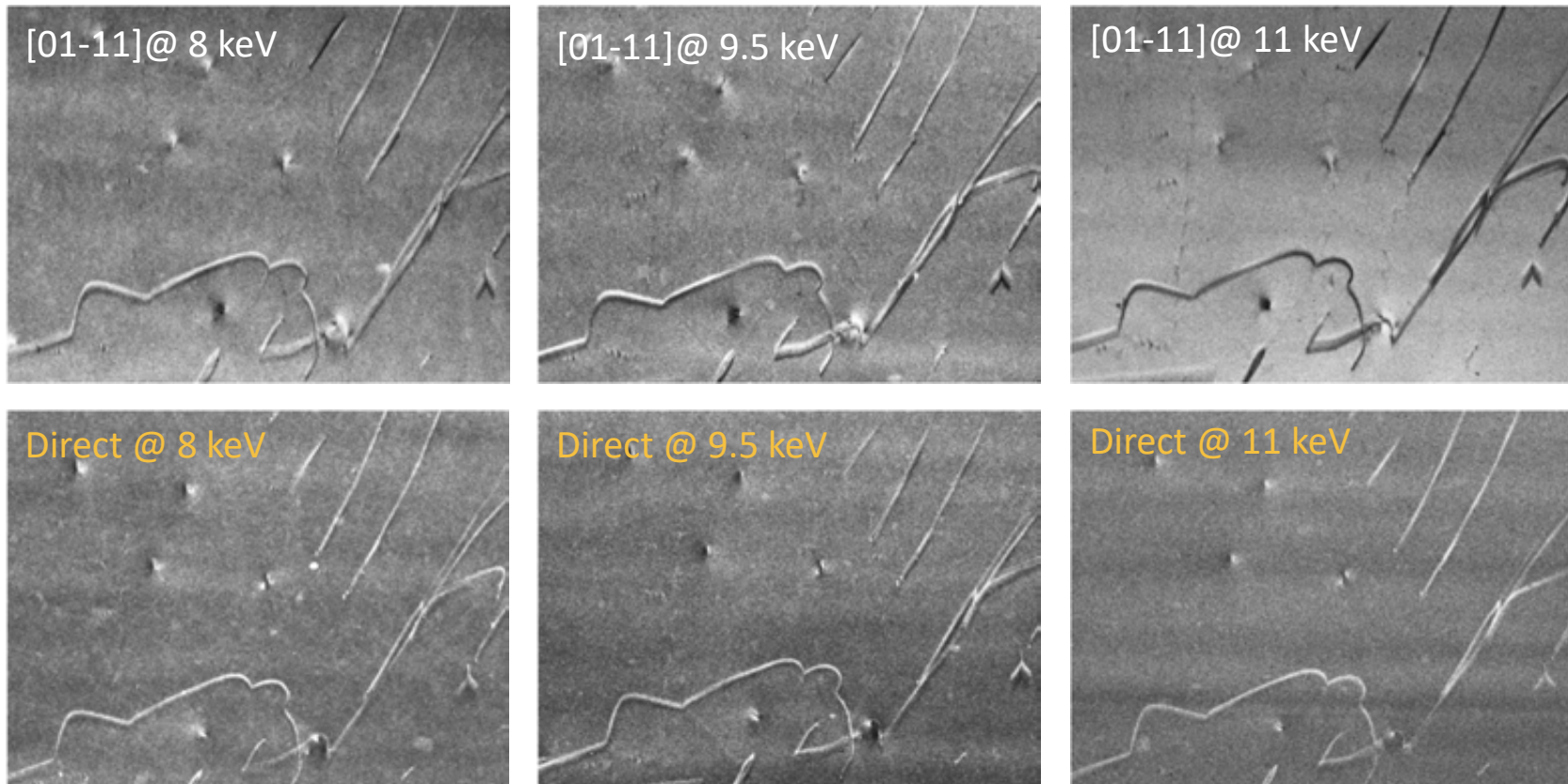


- 試料の回転ステージを 0.1° 動かすと、目的の回折だけ残すことができる。
- 静止撮影、走査撮影共に、[01-11]回折の転位構造は明瞭。
- 静止撮影のDirectの転位構造も明瞭。
- 走査撮影でのDirectに何も映っていない。

[01-11]とDirectの静止撮影(左列)と走査撮影(右列)。($E = 9.5 \text{ keV}$)

エネルギー変化による転位構造

エネルギーを変えて、[01-11]回折とDirectを撮影(単一回折条件)



8, 9.5, 11 keVでの[01-11]とDirectのX線トポグラフ(静止撮影)

11 keVの[01-11]の転位が明瞭になる一方で、Directの転位は淡白になる。

まとめ

4H-SiCウェハー(結晶面反りが大きい系)を使って、同時回折X線トポグラフィーによる転位構造の条件・撮影時間・見え方等を調査。

	長所	短所
条件	<ul style="list-style-type: none">■ 複数の回折を同時に撮影可能。■ Directでも$b_{\text{BPD}} \cdot g = 0$ルールが成立。	<ul style="list-style-type: none">■ 調整に時間が掛かり、慣れが必要。
撮影時間	<ul style="list-style-type: none">■ Directは回折の半分以下。回折の弱い場合に有効。	<ul style="list-style-type: none">■ Directは静止撮影に限る。走査による広域面積撮影が不可。
転位イメージ	<ul style="list-style-type: none">■ 単一回折条件では、転位イメージは回折・Direct共に同等のクオリティー。	<ul style="list-style-type: none">■ Directの観察において、高エネルギーの転位は淡白。

Siの棒状(結晶面反りが少ない系)で同時回折X線トポグラフィーを行う予定。