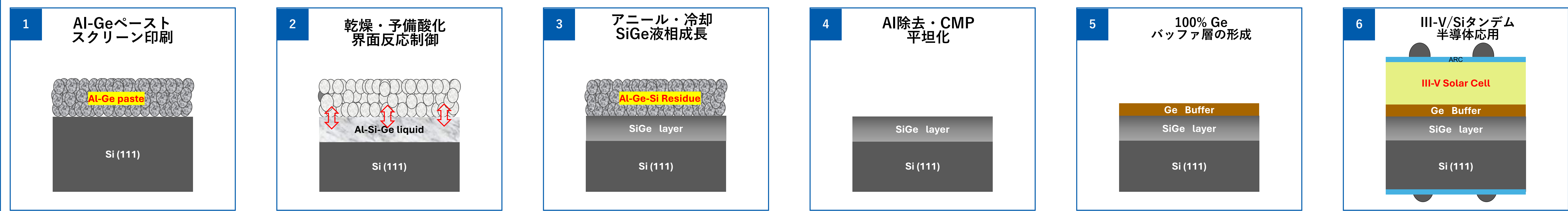


## 技術コンセプト

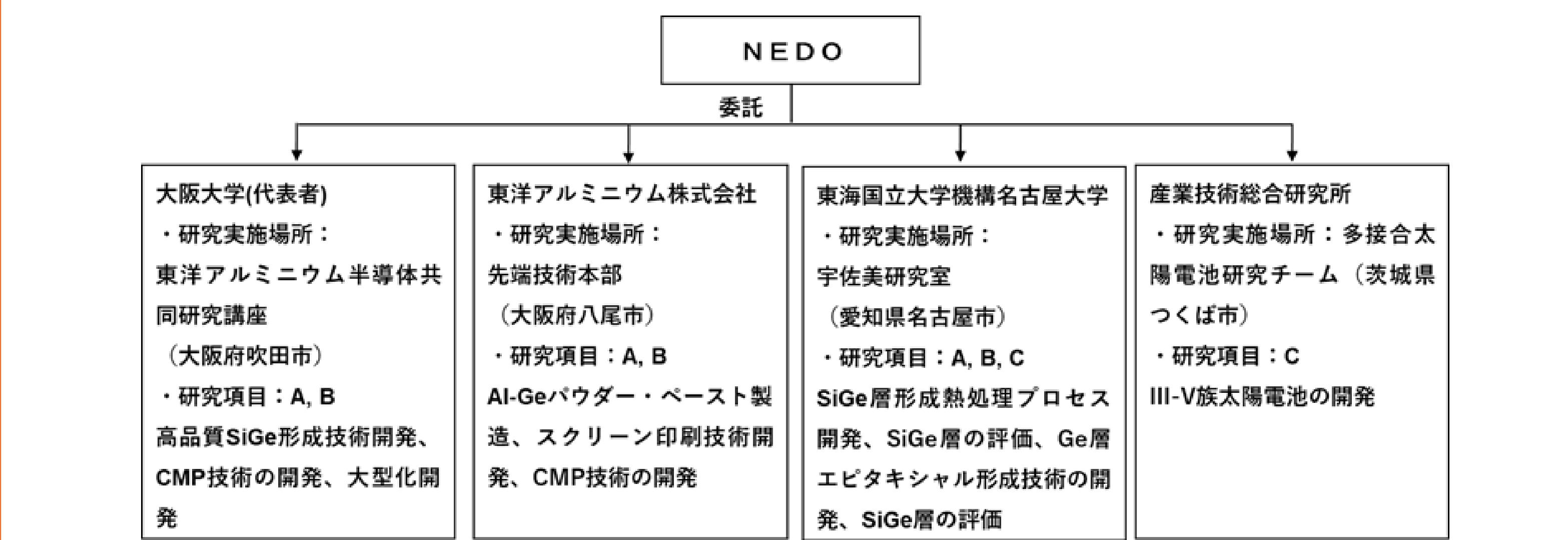


非真空・印刷プロセスで、Si基板上に組成傾斜SiGe層を形成し、高価なGe/GaAs基板に依存しない大面積・低コスト基板を目指す

## 事業の目的・目標

**目的:** Si基板上に高品質なSiGe層を低コストかつ大面積に形成する技術の確立とIII-V/Si多接合型太陽電池への応用の可能性を示す

**目標:** SiGe/Si基板を用いた変換効率30%以上のオンシリコン多接合型太陽電池の実現SiGe/Si基板の材料および製造コストを現行Ge基板の材料コストの1/10以下に低減

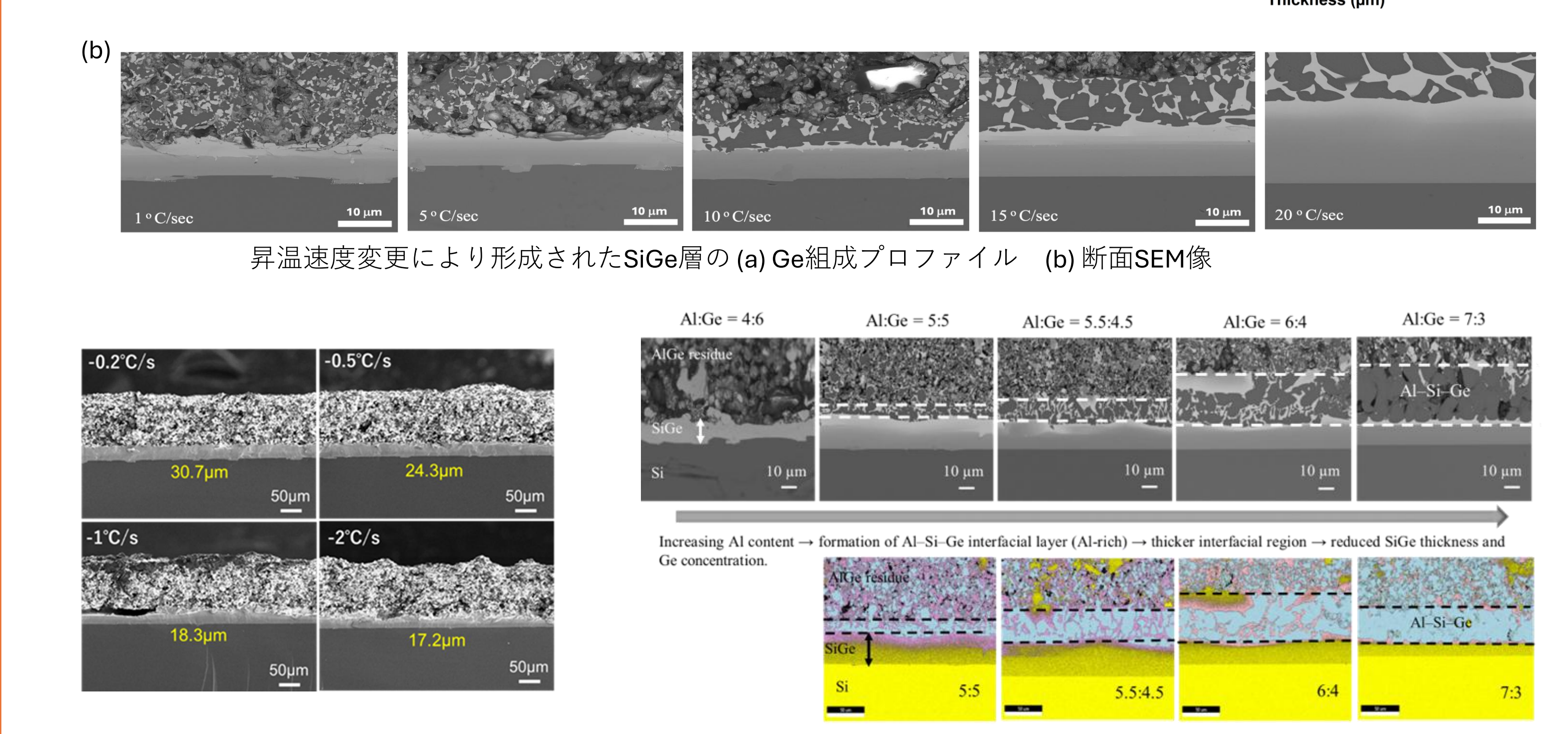


## 2025年の主な成果

### 研究項目A-1：高品質SiGe形成技術開発

#### 条件変更SiGe形成と評価

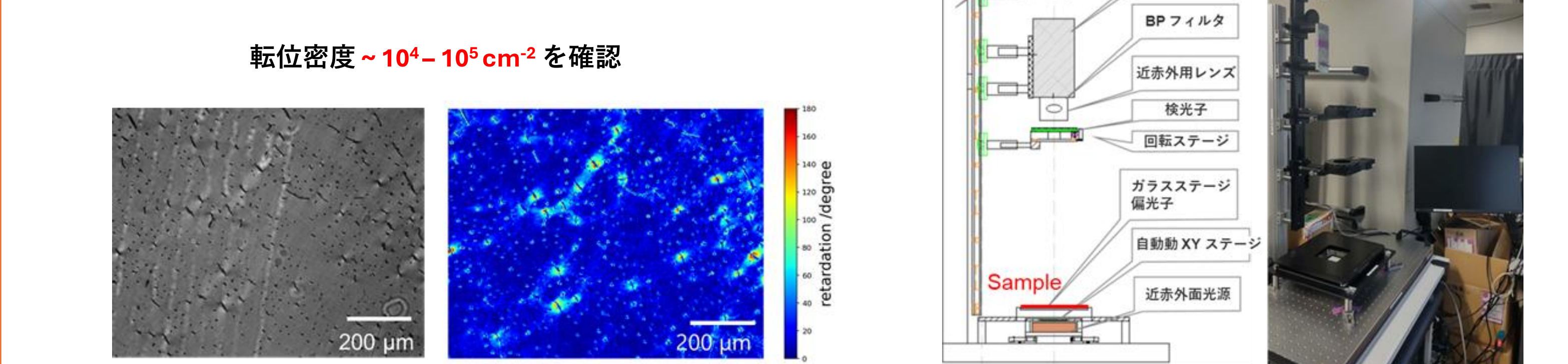
- 小片試料で表層がGe組成80 at%のSiGe層を得た(Al:Ge=5:5)
- 高速昇温および-0.5°C/s以上の降温条件でSiGe/Si界面が均一
- 熱力学計算・凝固シミュレーションに基づく高Ge組成形成条件の探索



降温速度変更により形成されたSiGe層の断面SEM像

### 近赤外偏光透過像解析による広面積欠陥評価法確立

- 近赤外偏向透過像の解析によるに欠陥密度評価を実施



### 研究項目B-1：SiGeポリッシング技術開発

#### 試作SiGe/Siのポリッシング

- 表層のGe組成が高い試料は面内組成が均一な研磨が困難であった
- Ge組成の低い試料（10～40 at%）では6 inchサイズでもRMS 1 nm以下の研磨達成

低Ge組成SiGeの研磨（6 inch）

## 2025年の主な成果

### 研究項目B-2：熱処理のスケールアップ検討

#### 6インチサイズSiGe/Si基板の試作

- 表層がGe組成40 at%のSiGe層を有するSiGe/Si基板を得ることができた
- 面内の均一性、および深さ方向へのGe濃度勾配の改善は今後の検討事項

作製基板の (a)焼成後の外観写真、(b)SiGe層膜厚分布、(C)焼成後の断面写真

### 研究項目C-1：SiGe上へのIII-V族化合物太陽電池積層技術の開発

#### Geの気相化学エピタキシャル成長による表面Ge組成向上（バッファ層の形成）

- 項目A-1の結果Ge組成80at%以上のSiGe層を得たが、CMPによりGe組成60at%程度まで低下
- Ge組成60at%では後工程の成膜が困難なためGe組成100%に近い領域まで向上させる必要がある
- C-1項目ではPECVDを使用し100% Geの成膜を実施

#### Ge(111)基板上GaAs/Geタンデム太陽電池の作製

- 一般的にIII-V太陽電池は(100)上の成膜が知られている。本研究のSiGeは(111)を使用しているので(111)上への成膜の開発が必要である
- HVPE法で世界初Ge(111)上へのGaAs成膜、タンデム太陽電池の作製に成功

#### SiGe/Si(111)基板を使用した太陽電池の作製

- GaAs on SiGe/Si(111)で分光感度スペクトルの観測に成功
- 研究項目A-1,B-1の良品試作が間に合わず 太陽電池デバイス化、変換効率測定は今後へ持ち越し



## 課題と今後の取組

- 課題**
  - 高Ge組成（40 at%以上）かつ面内均一性の高いSiGe/Si基板の作製
  - （上記が得られなかったため）太陽電池の評価が未達
  - 高速昇温、冷却条件が可能かつ大面積、量産に適した炉の獲得
- 今後の取組**
  - 後工程を考慮した均一性の高い、安定したSiGe/Si基板の製造方法確立
  - 安定生産を可能にする周辺装置の調査
  - 高Ge組成のSiGe/Si基板作製のための改良

## 実用化・事業化の見通し

#### 短・中期

- 10～40 at%Ge組成の6～8インチSiGe/Si基板の安定的生産
- 2028年生産開始目標でSiGe/Siヘテロ接合整流器・高速スイッチングデバイス開発⇒シリコンフォトンクス用導波路、赤外センサー、フォトディテクター等

#### 長期

- Ge組成80at%以上のSiGe/Si基板使用III-V/SiGe/Si多接合タンデム太陽電池への展開

