

Si集積光デバイスの研究 - Ge細線構造のSi基板上への選択エピタキシャル成長および光デバイス応用 -

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系

石川 靖彦 片廻 陸

E-mail: ishikawa@ee.tut.ac.jp

1. 背景

・光通信の短距離適用

- 低消費電力
- 低価格化、大容量化
→ Siフォトリソによって実現

・SiフォトリソにおけるGe層

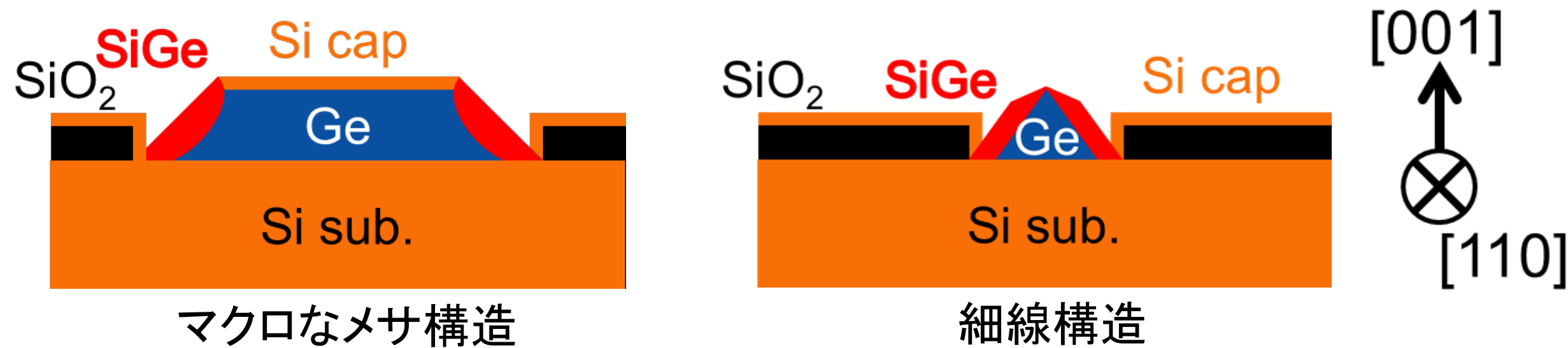
- Siと同じIV族半導体
→ Siプロセスとの相性が良い
- 光通信波長帯での吸収大
→ 光デバイス応用
- SiとGeの熱膨張係数差による引っ張りひずみ
→ 吸収端が長波長側へシフト
(=長波長域での光吸収大)
- Franz Keldysh (FK) 効果
→ 電界吸収型光変調器への応用

・光デバイス応用に向けたGe細線構造

- 電界吸収型光変調器 (光強度変調器)
 - シングルモード伝搬
 - 高速化 (RC遅延減少)
- 受光器
 - 高速化 (RC遅延減少)
 - 受光波長域拡大

・課題: Si保護膜(Si cap層)とのSi-Ge混晶化

- GeにSi cap層形成
 - 熱・化学的脆弱性の改善
 - × 側壁でSi-Ge混晶化
- Ge細線構造にSi cap層形成
→ 大部分でSi-Ge混晶化の可能性



2. 目的

・Ge細線構造およびSi cap層形成: Si-Ge混晶化の抑制

- サブミクロン(<1 μm)幅のGe細線構造形成
- Si cap層の成長プロセス改善によるSi-Ge混晶化抑制

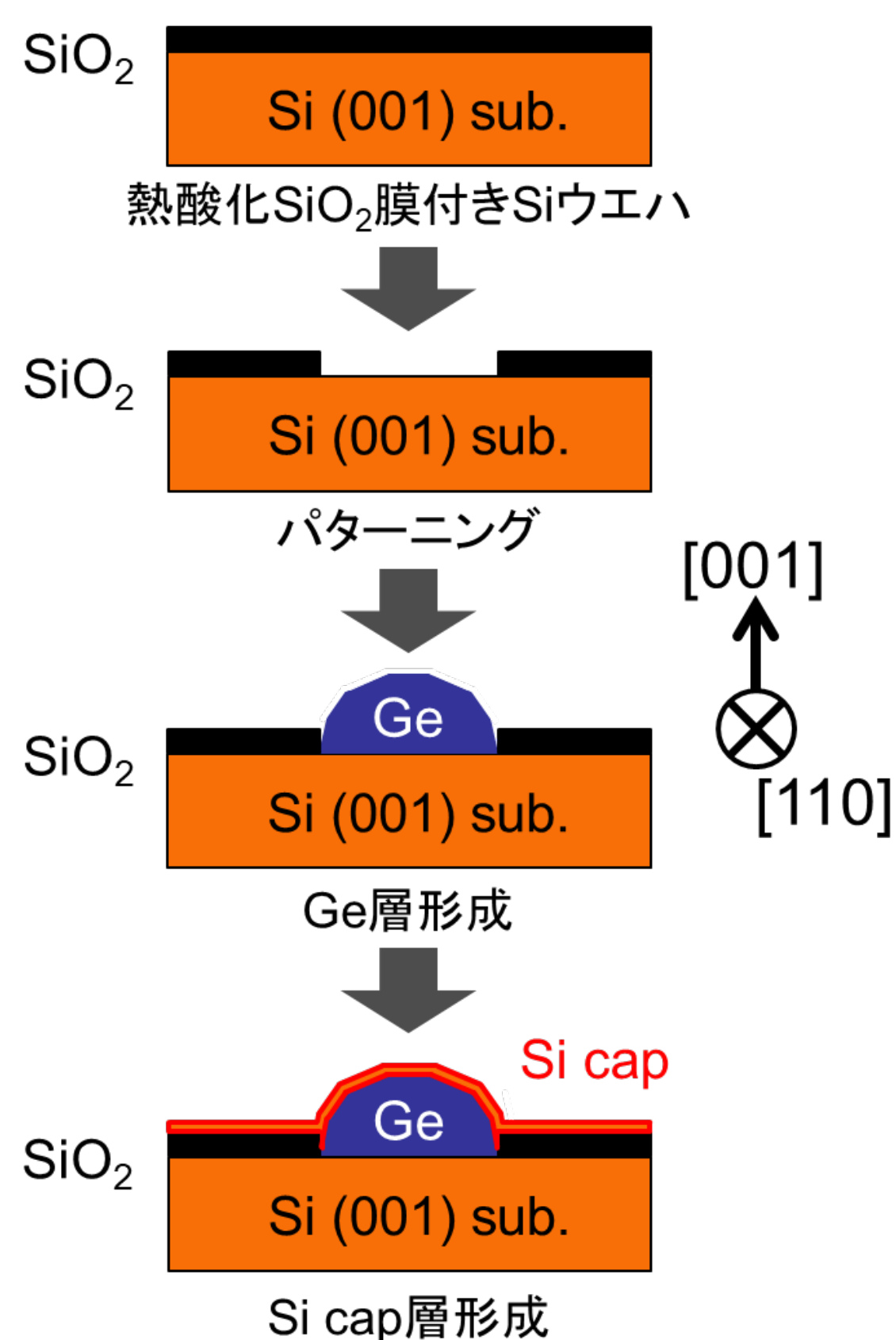
・光強度変調器への応用

- Si cap層付きGe細線構造の光強度変調器への応用

3. Ge細線構造およびSi cap層形成

・サンプル作製

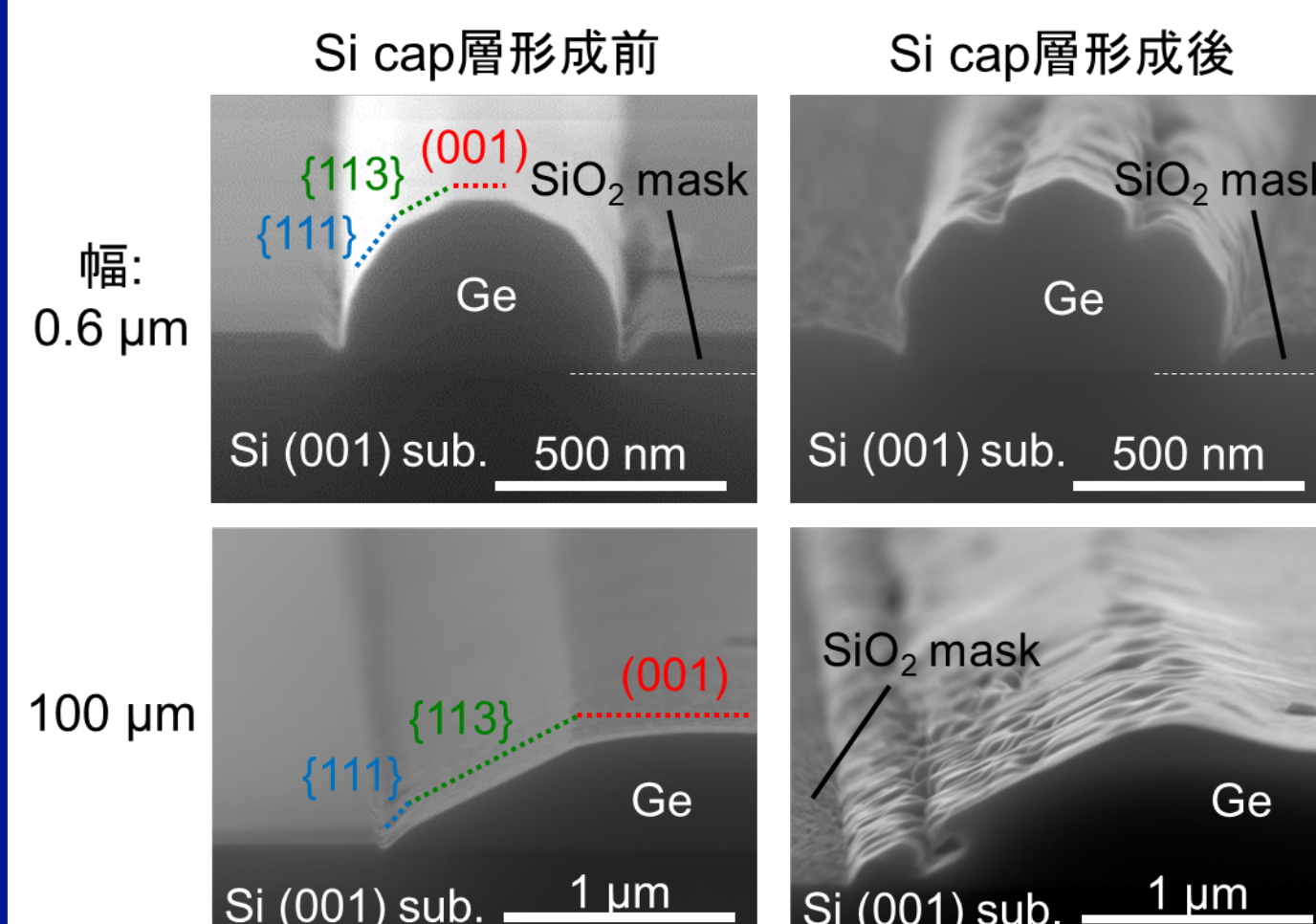
- 熱酸化SiO₂膜付きSiウエハ
 - Si(001)上
 - 厚さ: 100 or 200 nm
- パターニング
 - フォトリソグラフィ
 - [110]方向ライン状
- Ge層形成
 - 超高真空化学気相堆積法 (UHV-CVD)
 - 成長温度: 700°C
 - 厚さ: 500 nm
 - 幅: 0.6 μm, 100 μm
- Si cap層形成 (従来条件)
 - UHV-CVD
 - 成長温度: 600°C
 - 厚さ: 50 nm



・実験結果 (従来の成長条件)

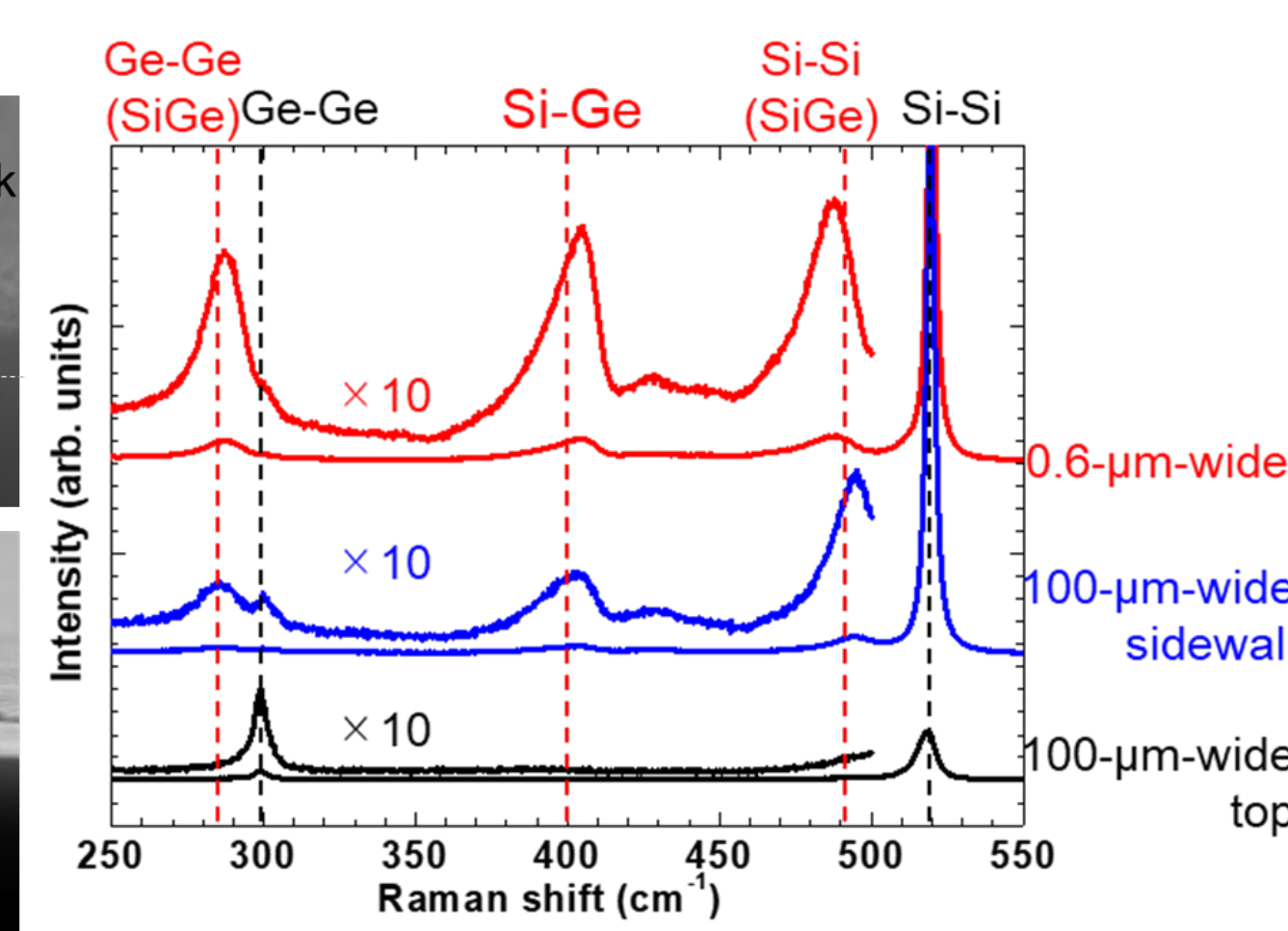
□ 断面SEM観察

□ Si cap層形成に伴う形状変化



□ 顕微Raman測定

□ Si cap層形成に伴うSi-Ge混晶化



4. Si cap層成長条件の改善

・アプローチ

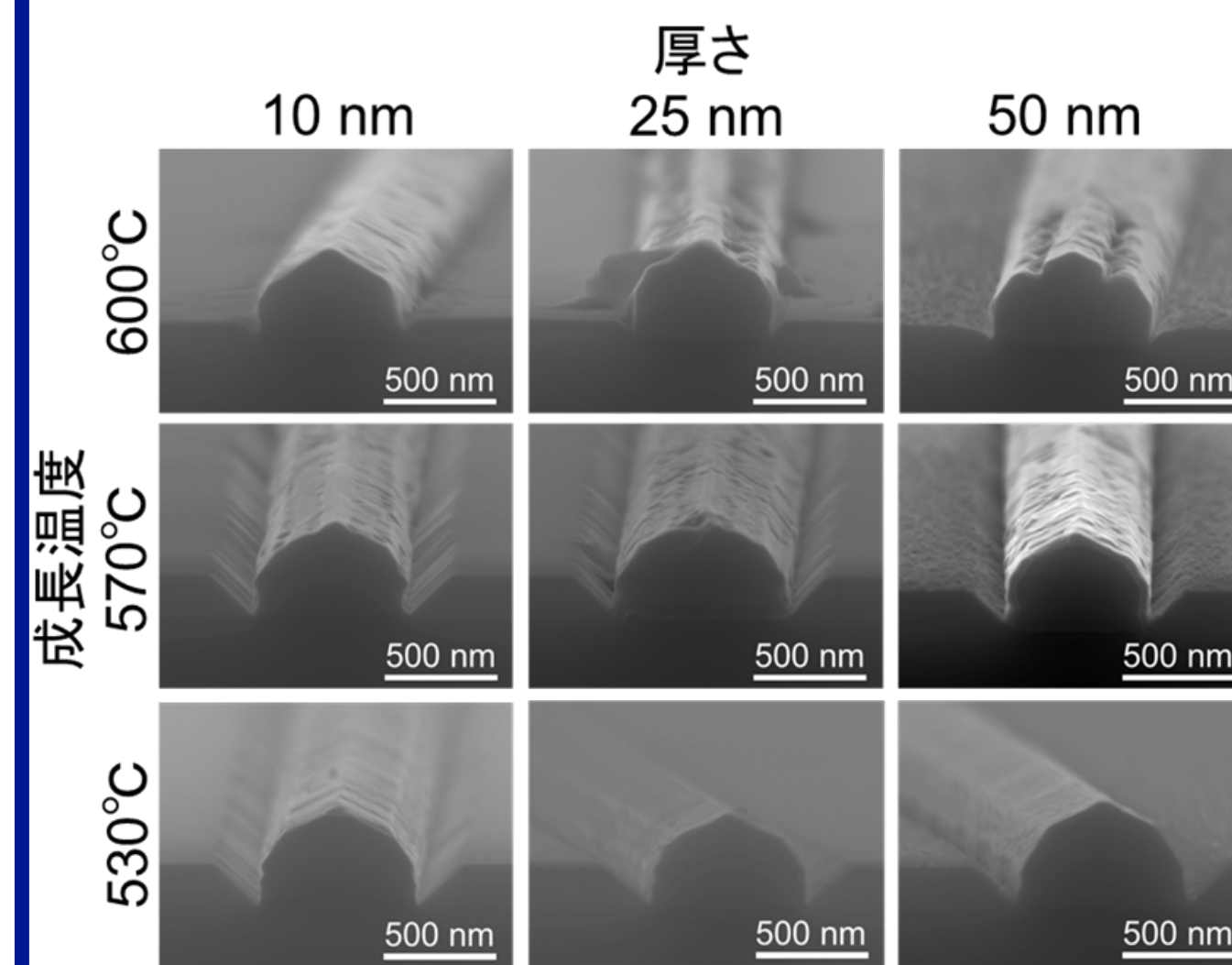
- Si-Ge混晶化と形状変化を激しく誘発したと推測される要因
 - 高温下による原子の運動の活性化
→ 成長温度低下によって原子の運動を抑制
 - Si cap層中のひずみ緩和時のSi-Ge混晶化も抑制

・パラメータとしたSi cap層成長条件

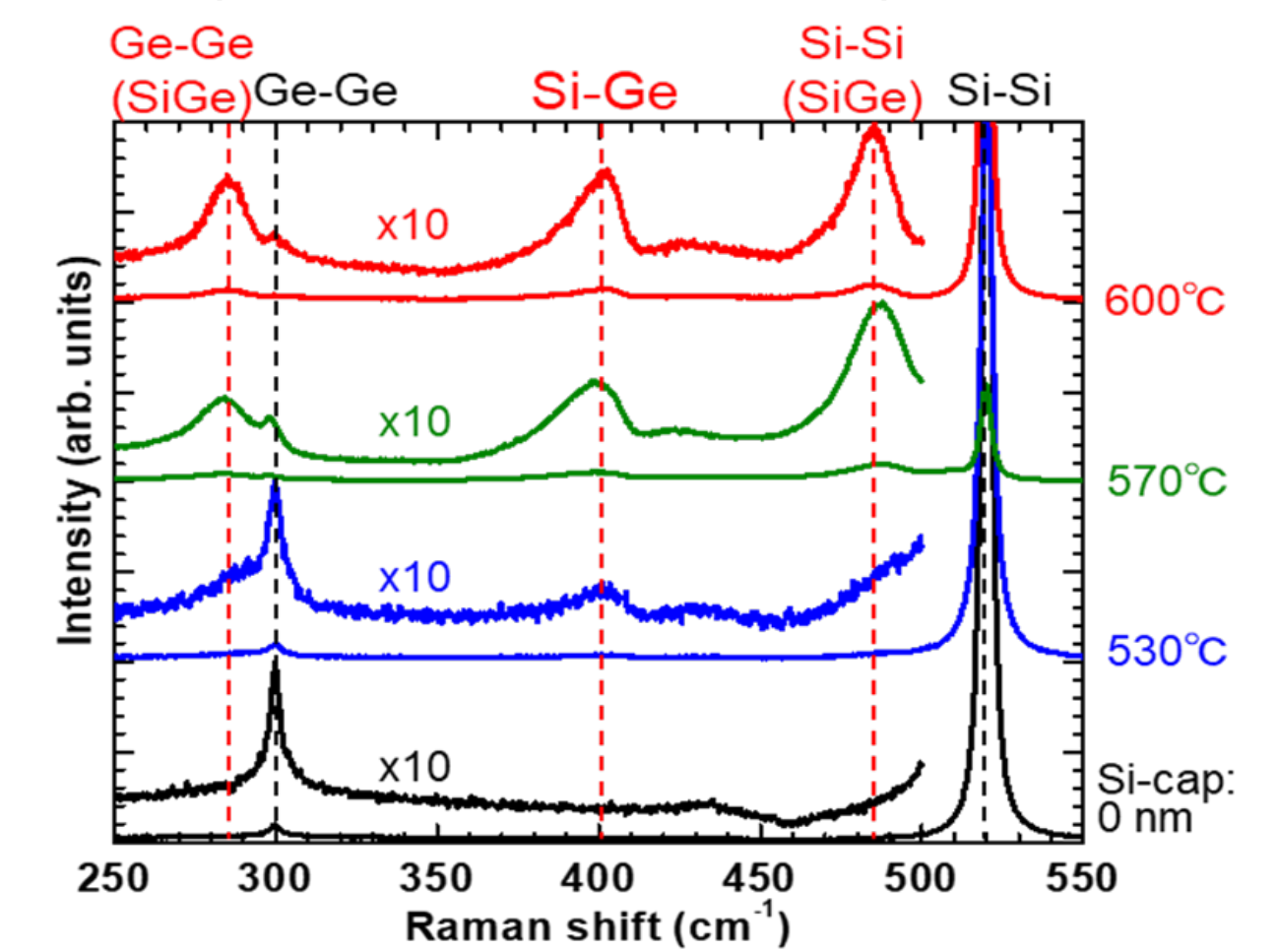
- 成長温度: 530°C, 570°C, 600°C
- 膜厚: 10 nm, 25 nm, 50 nm

・実験結果 (Ge幅: 0.6 μm)

□ 断面SEM観察



□ 顕微Raman測定 (Si cap層厚さ: 25 nm)

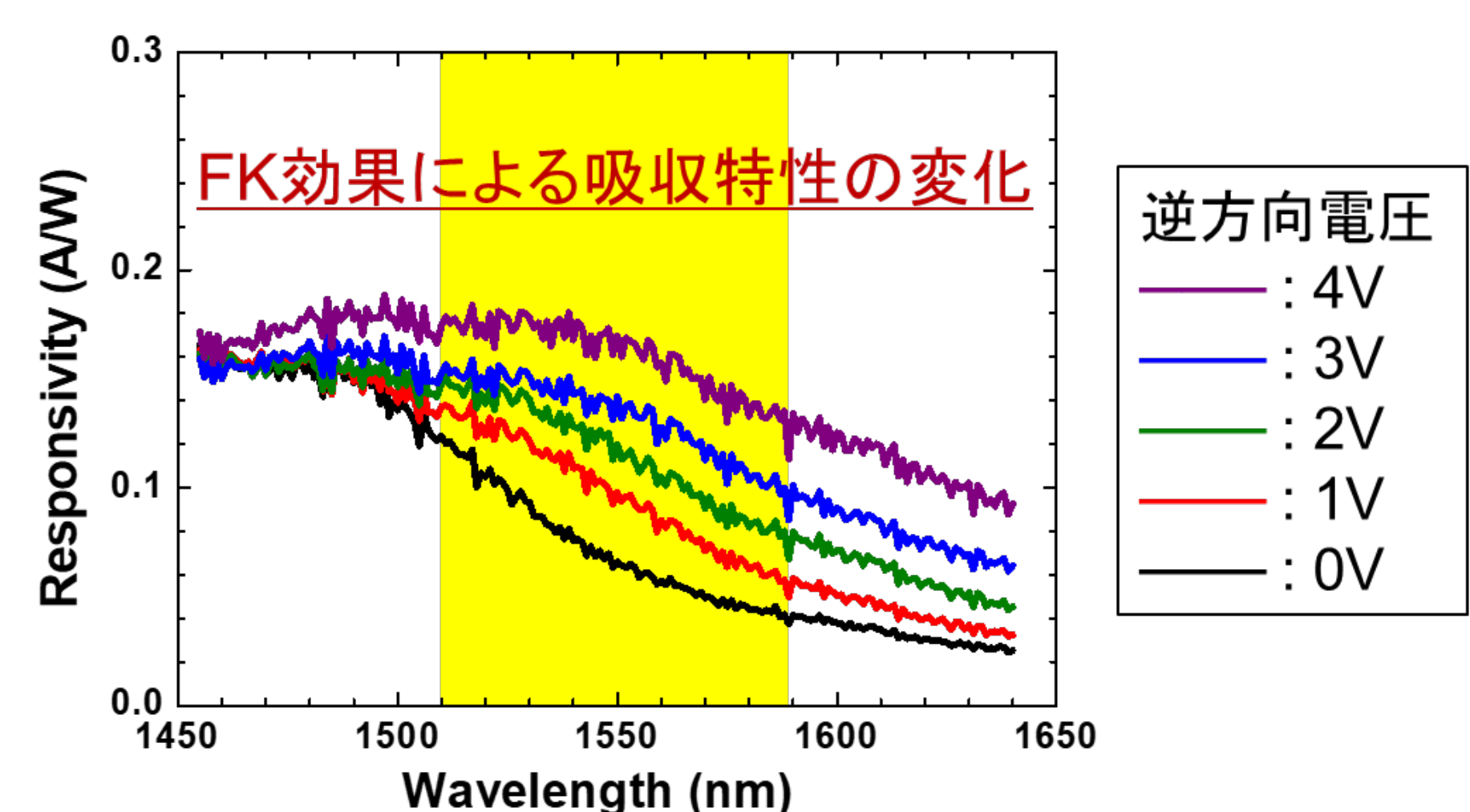


Si cap層の成長温度低下により抑制

5. Si cap層付きGe細線構造を用いた光強度変調器への応用

・電界吸収型光変調器 (PETRA提供)

□ 光吸収特性の波長依存性



7. まとめ

・Si cap層形成に伴うSi-Ge混晶化と形状変化の抑制

- Si cap層の成長条件を変えることで改善
 - 特に成長温度の有効性大

・Ge細線構造を用いた電界吸収型光変調器への応用

- FK効果による吸収特性の変化を確認
 - 光強度変調器への期待

謝辞

- ・ PETRA 藤方潤一博士 サンプルの提供および議論