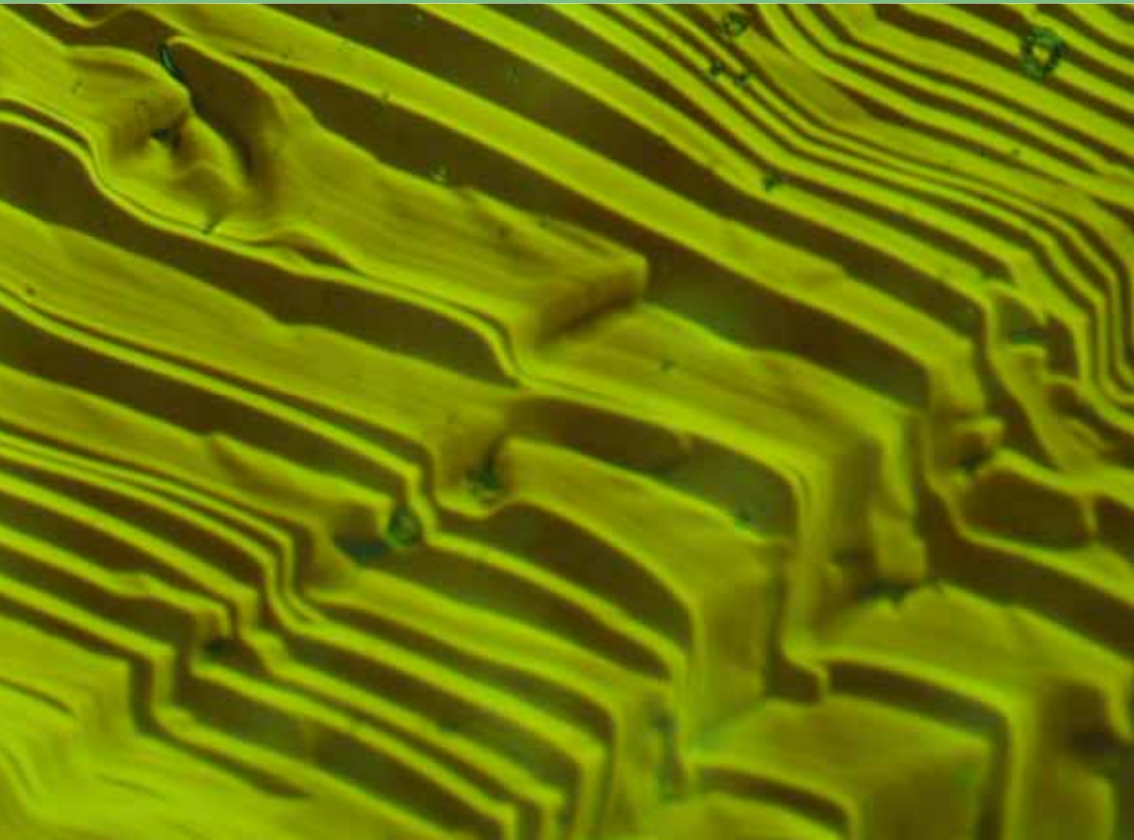
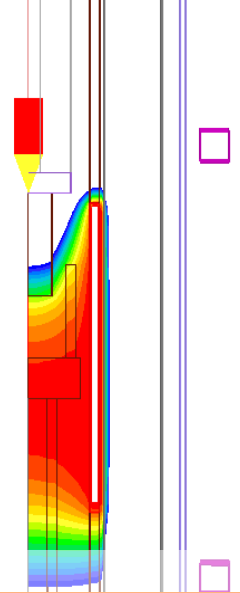
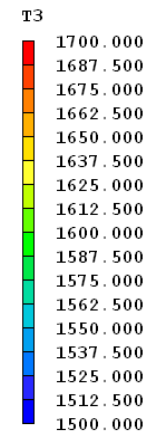


パワーエレクトロニクス 関連材料の研究動向



名古屋大学工学研究科

宇治原 徹



SiCとは



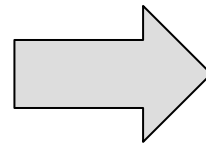
炭化珪素（シリコンカーバイド）

シリコンと炭素からなる化合物

特徴 固い、熱伝導がよい。半導体になる。



研磨剤



高純度単結晶
半導体（1枚数万円）

パワーデバイスとは



交流から直流、直流から交流など、電力変換するデバイス
(インバータなど)

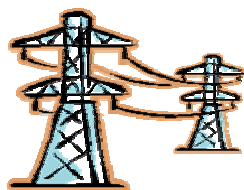


電圧や電流の制御の基本となる素子。

波及効果



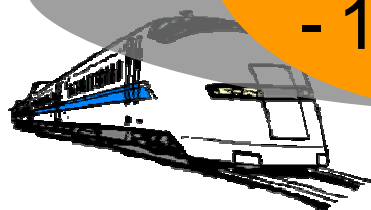
分散電源
インバータ
- 100万トン



直流電送

圧縮機

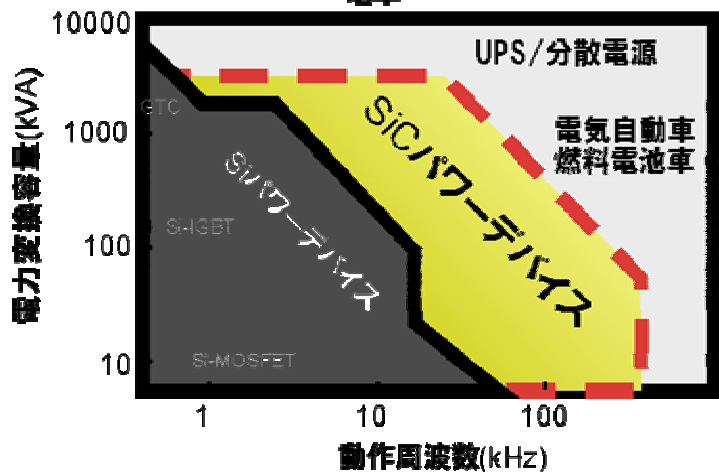
電車



2030年

自動車関連

- 1000 ~ 2000万トン



家電・コンピュータ関連
- 300万トン



高性能化・小型化により普及に貢献

自動車への実装例

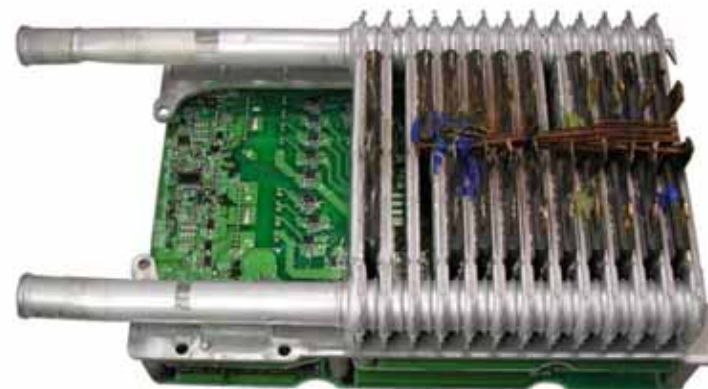
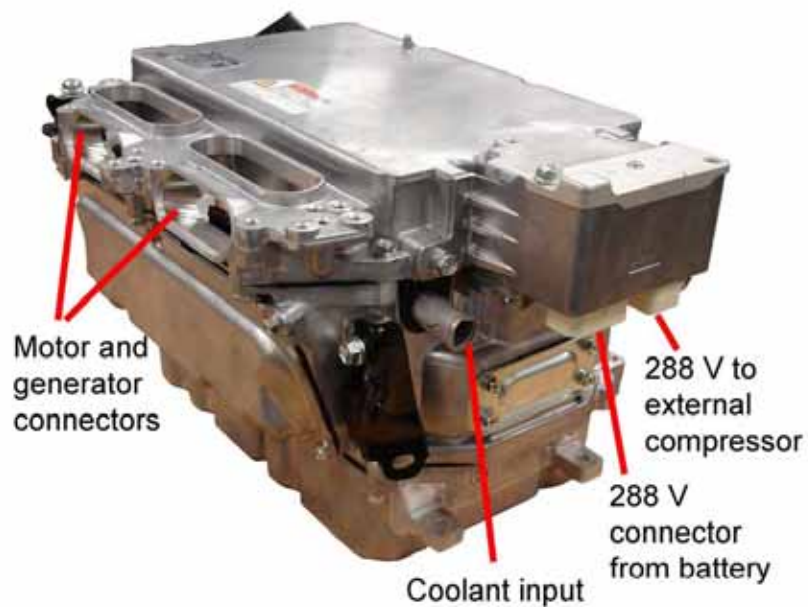
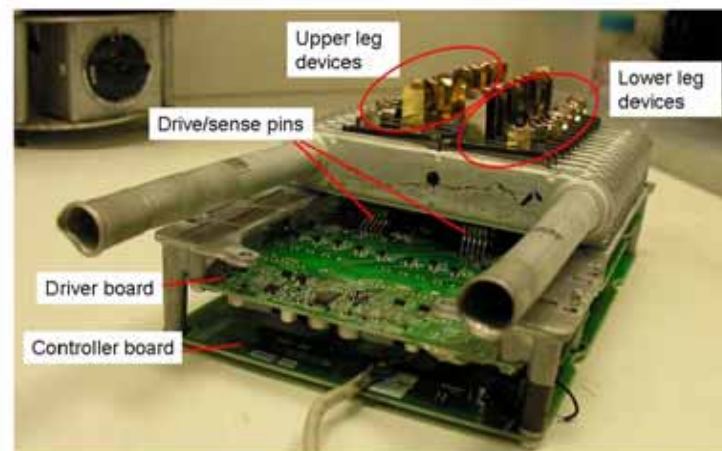
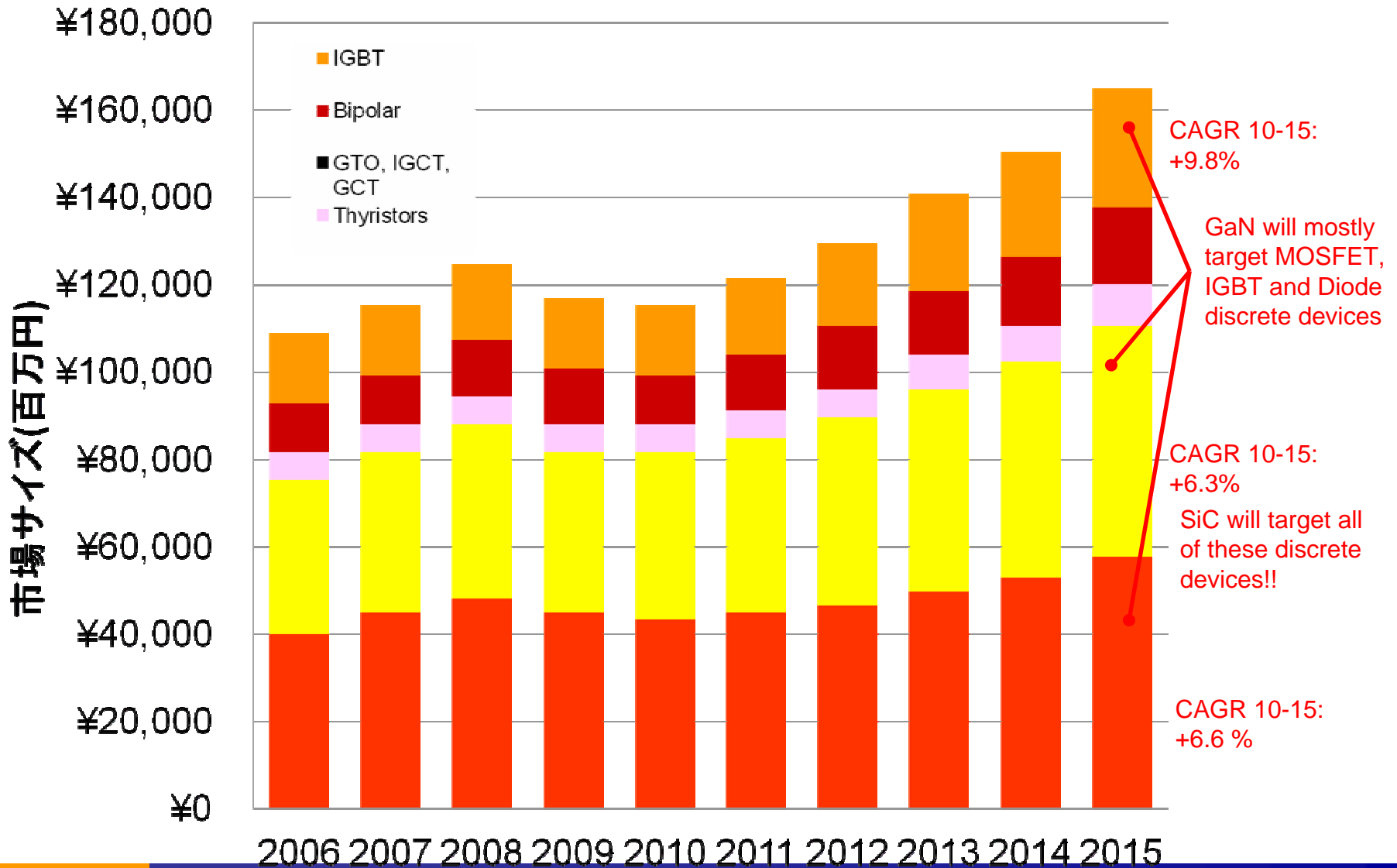


Fig. 2.10. Cooling channels straddle PE's modules.



市場



素子は基板の上に作る。



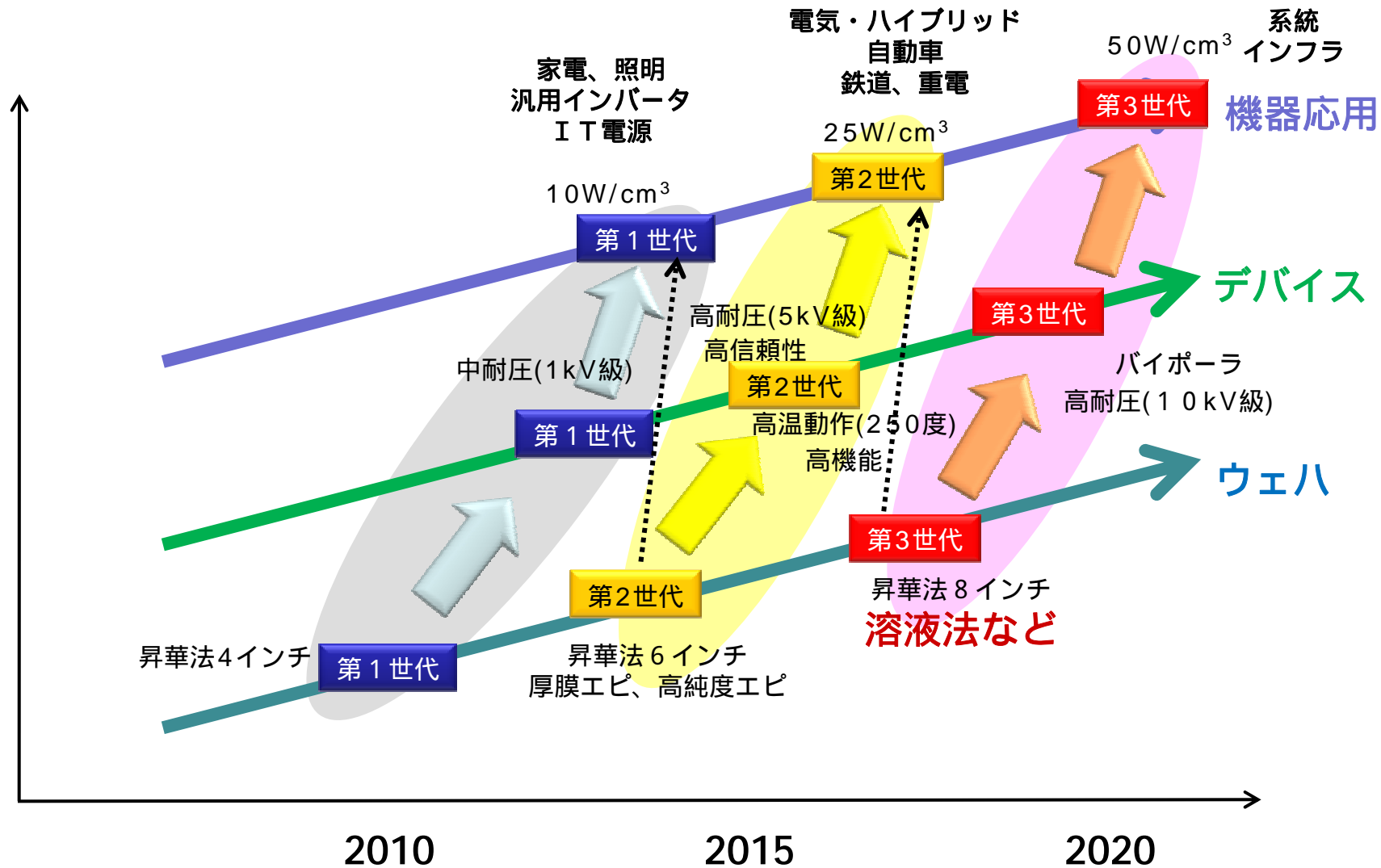
インゴット → バルクウェハ → エピタキシャルウェハ
結晶成長 切断研磨 エピタキシャル成長



イオン注入
ドライエッチ
メタル蒸着
高速熱アニール

インバータ ← デバイス回路試作 ← デバイスチップ
構造設計 ダイシング (MOSFET,
実装 ボンディング SBD etc)
回路設計

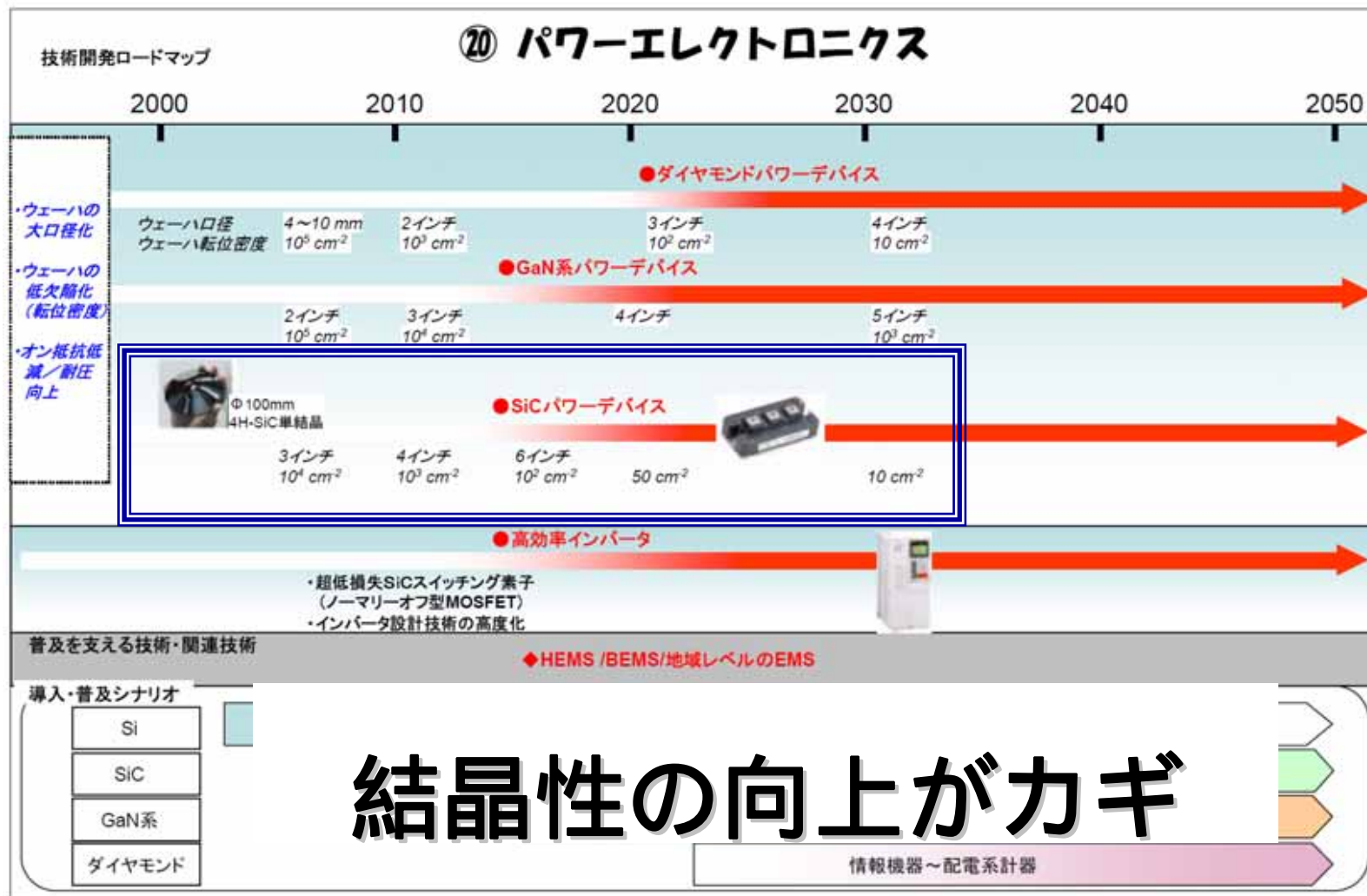
SiC 開発ロードマップ



SiCパワーデバイスのロードマップ



Cool Earth-エネルギー革新技術開発ロードマップ（資源エネルギー庁）別添資料より抜粋・改変



昇華法によるSiC基板結晶



昇華法



成長温度: 2000

多形、サイズ:

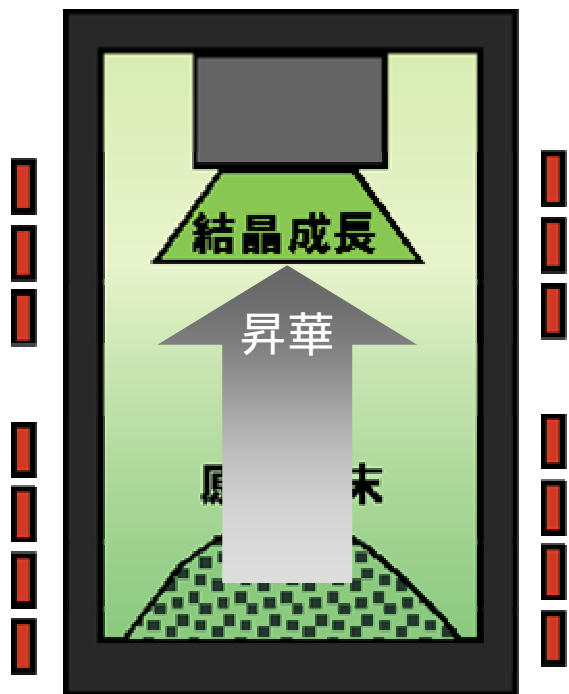
4H-SiC(パワーデバイス)、4~6インチ

6H-SiC(窒化物用基板)、2インチ

主要メーカー:

Cree, コーニング, SiCrystal etc.

新日鉄、ブリジストン



昇華法の基板の欠陥の種類

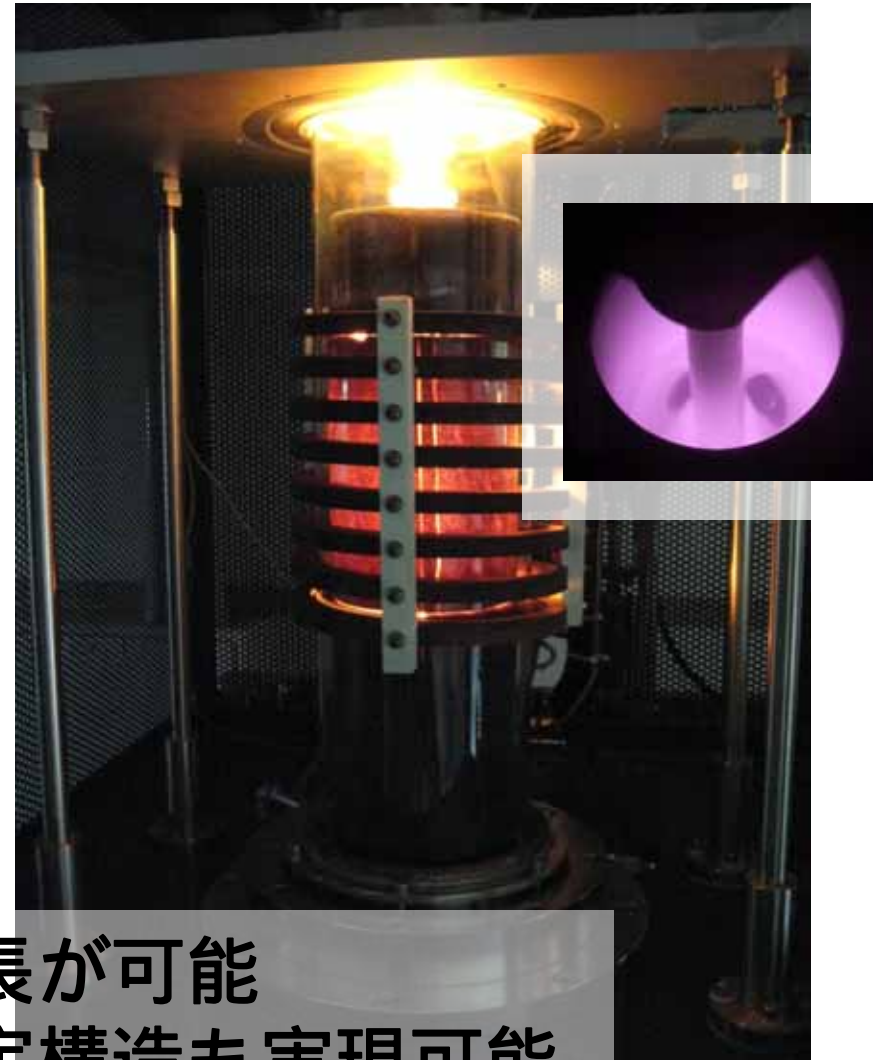
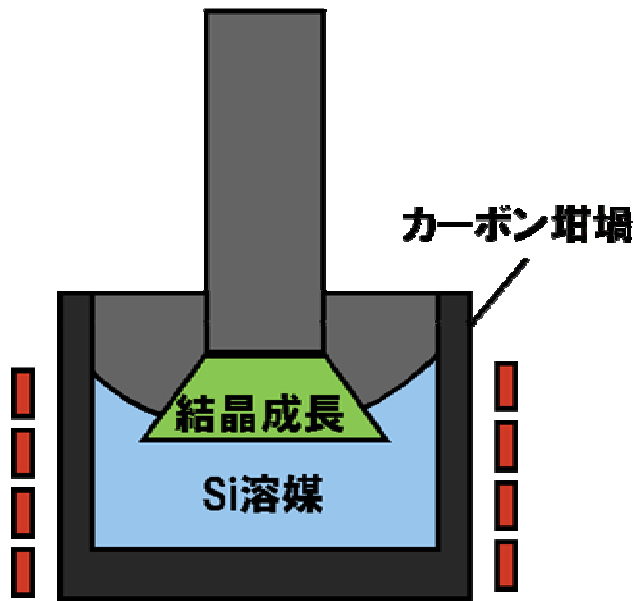


欠陥	密度	デバイス特性への影響
マイクロパイプ	0 cm^{-2}	耐圧が著しく低下
らせん転位	800 - 3000 cm^{-2}	耐圧劣化 酸化膜不良 エピ欠陥の発生原因
刃状転位	5000-20000 cm^{-2}	少数キャリアの ライフタイムキラー
基底面転位	2000 - 20000 cm^{-2}	順方向特性劣化 酸化膜不良
積層欠陥	$\sim 0.1 \text{ cm}^{-1}$	

溶液成長法



溶液成長法

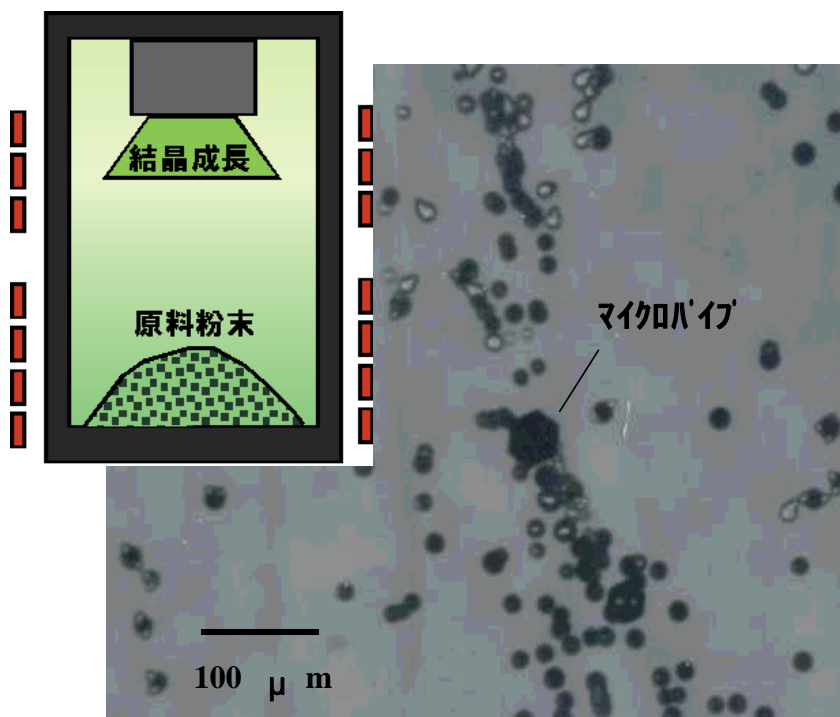


高品質結晶の成長が可能
成長温度が低く、低温安定構造も実現可能

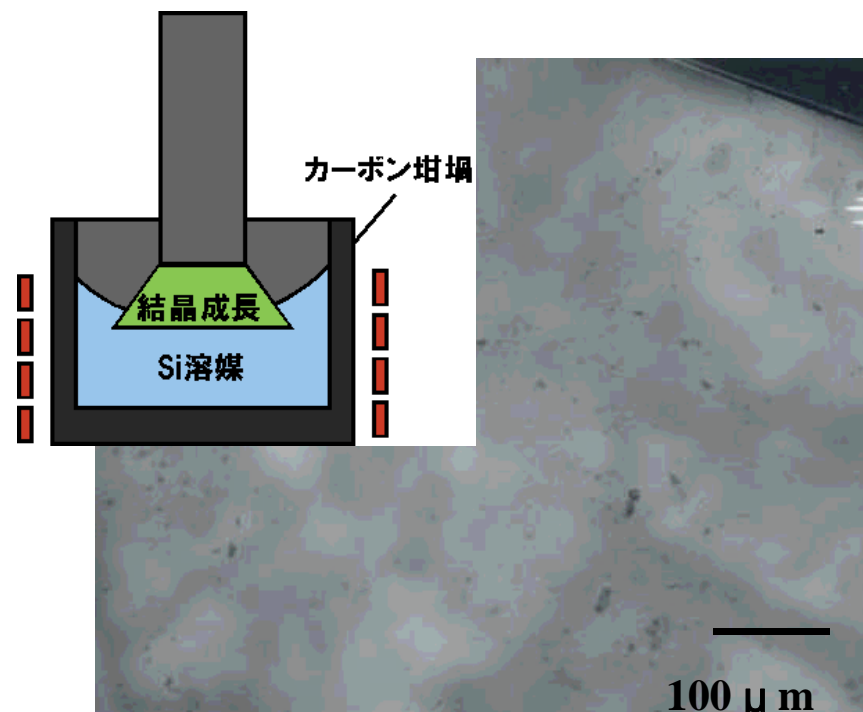
結晶性の比較



昇華法基板



溶液成長結晶



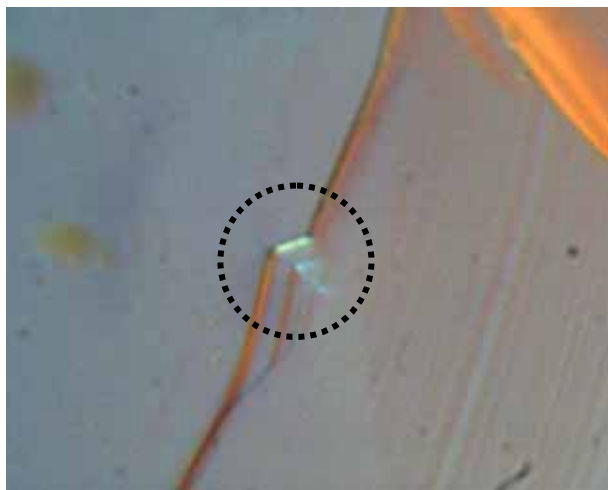
溶液法による結晶は欠陥が少ない。

マイクロパイプ閉塞

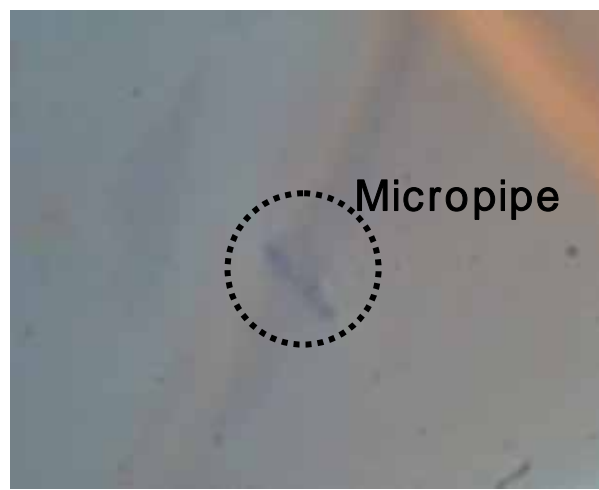


表面

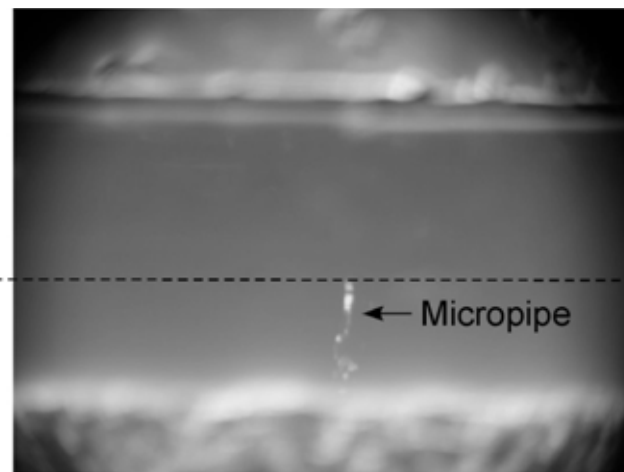
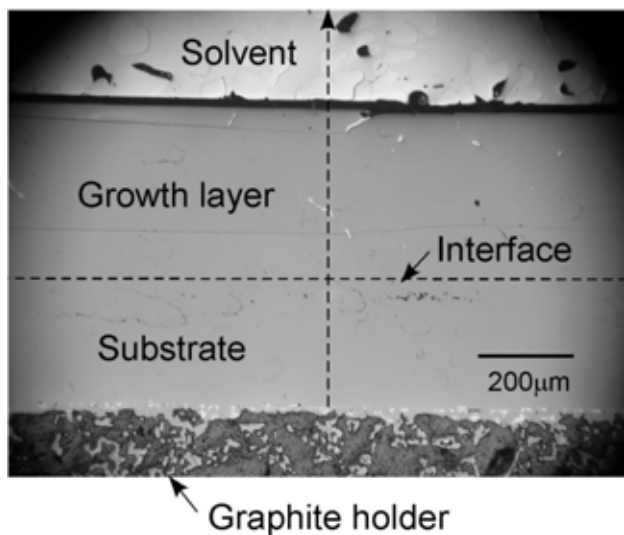
表面フォーカス



デフォーカス



断面像



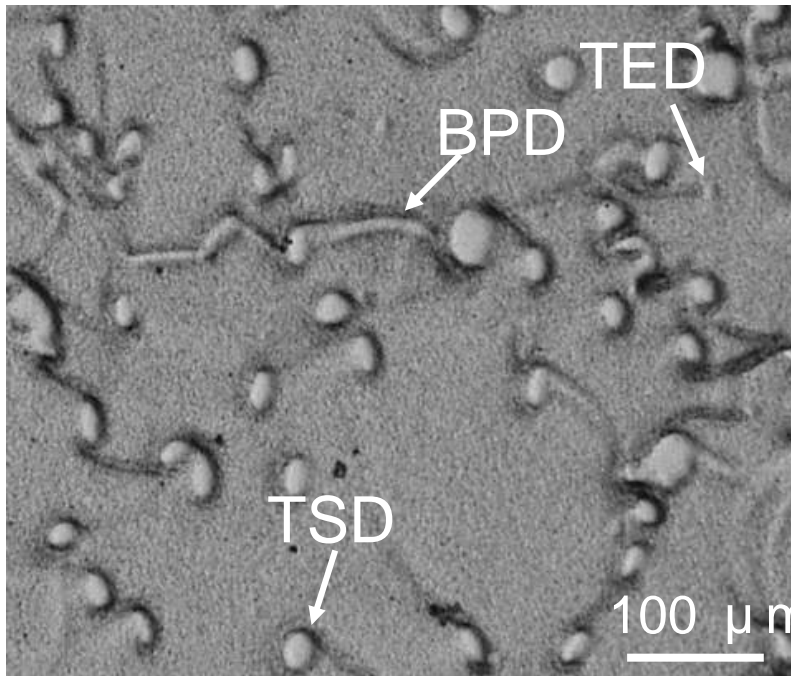
結晶欠陥減少メカニズム



[0001] Si面
● → [1-100]
↓ [11-20]

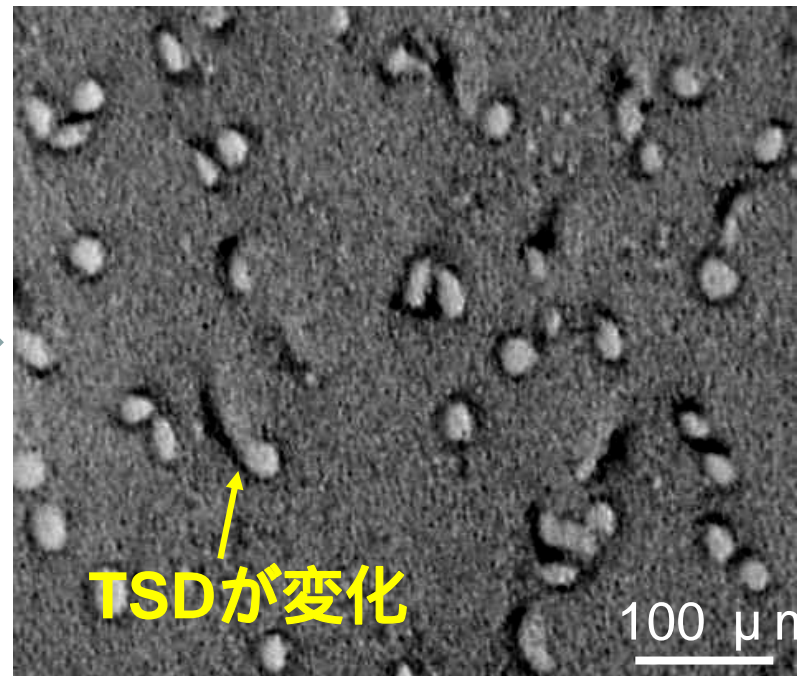
溶液成長条件 種結晶on-axis基板、成長温度1630、成長時間5 hr、成長厚み 88 μm
トポグラフ撮影条件 反射面(11-2 \cdot 12)、 $\lambda=0.150\text{ nm}$ 、入射角10.8 $^\circ$ 侵入深さ約11 μm

種結晶のトポグラフ像



溶液成長

溶液成長後のトポグラフ像



BPDはない

最後に



1. パワーデバイスは省エネ技術には必須であり、SiCは次世代材料として非常に期待が大きい。
2. 結晶成長を始め、加工やモジュール化でもこの地域が貢献できる。
3. 溶液法による結晶成長技術は、次世代の本命になるポテンシャルがある。