

SiCパワーデバイス技術

三菱電機株式会社
先端技術総合研究所

高見 哲也

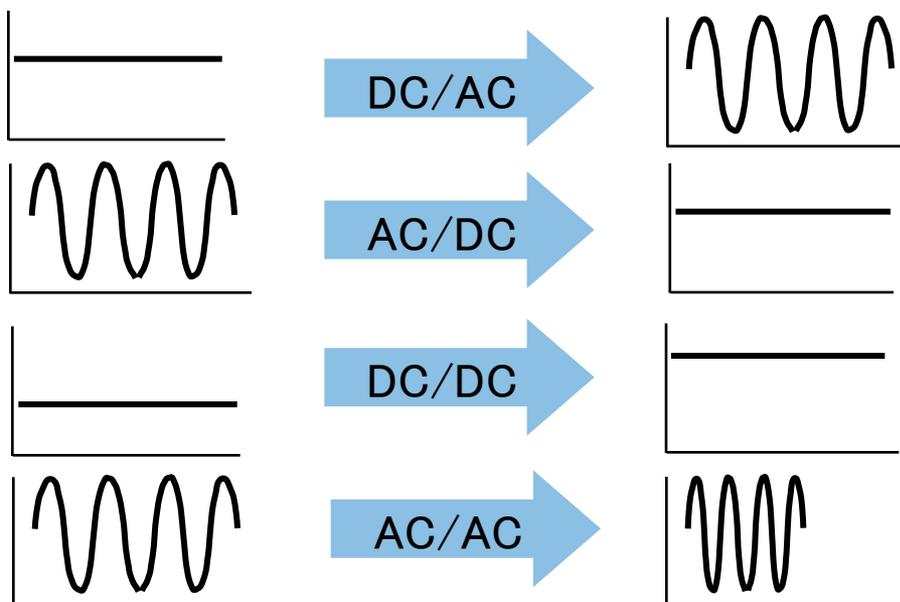
パワーデバイス、パワーエレクトロニクス技術

パワーデバイス



パワーエレクトロニクス機器
(インバータなど)

パワーデバイスを繰返し高速オン/オフすることで電力を変換、制御



汎用インバーター



UPS
無停電電源



エアコン



エレベーター



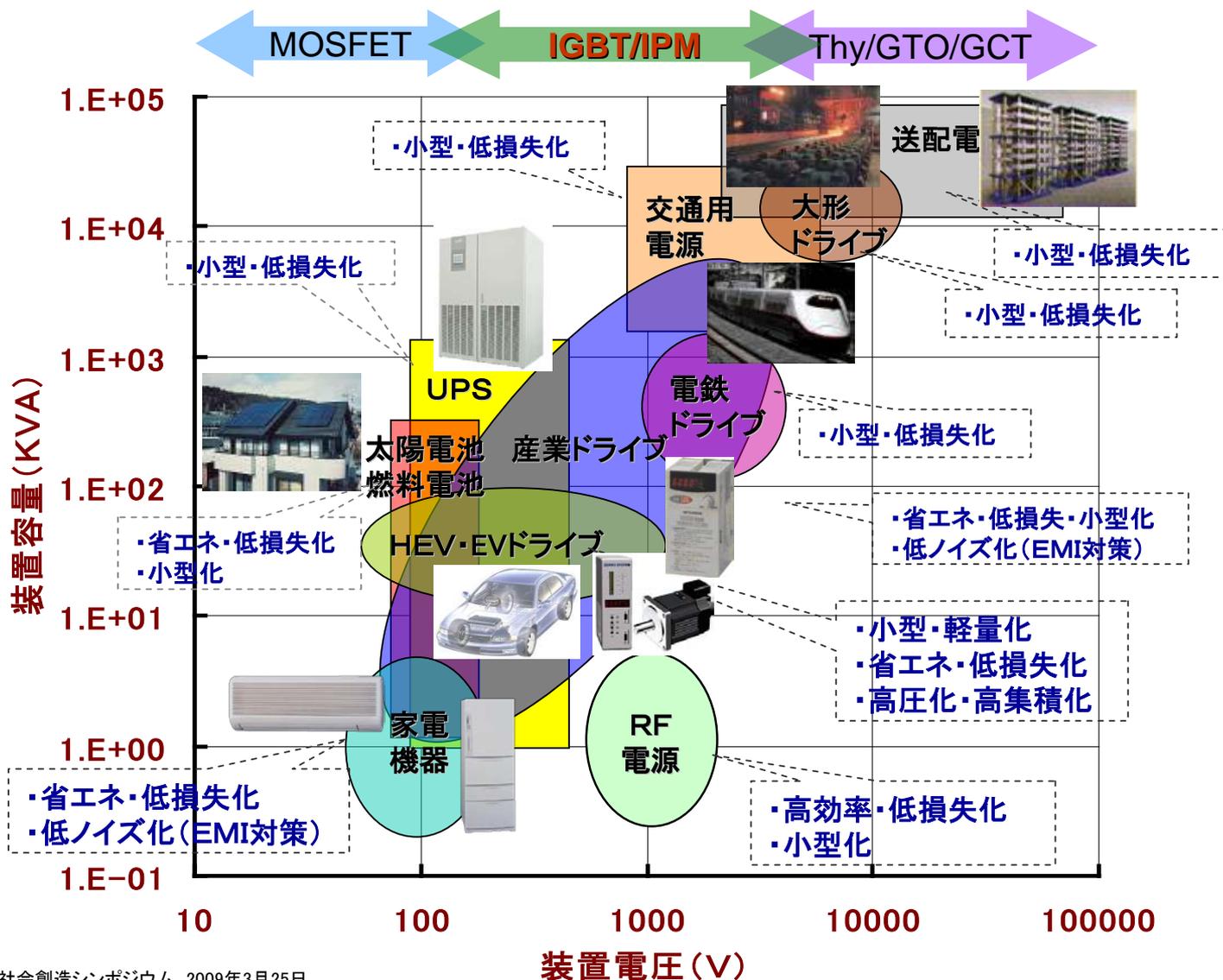
太陽光発電



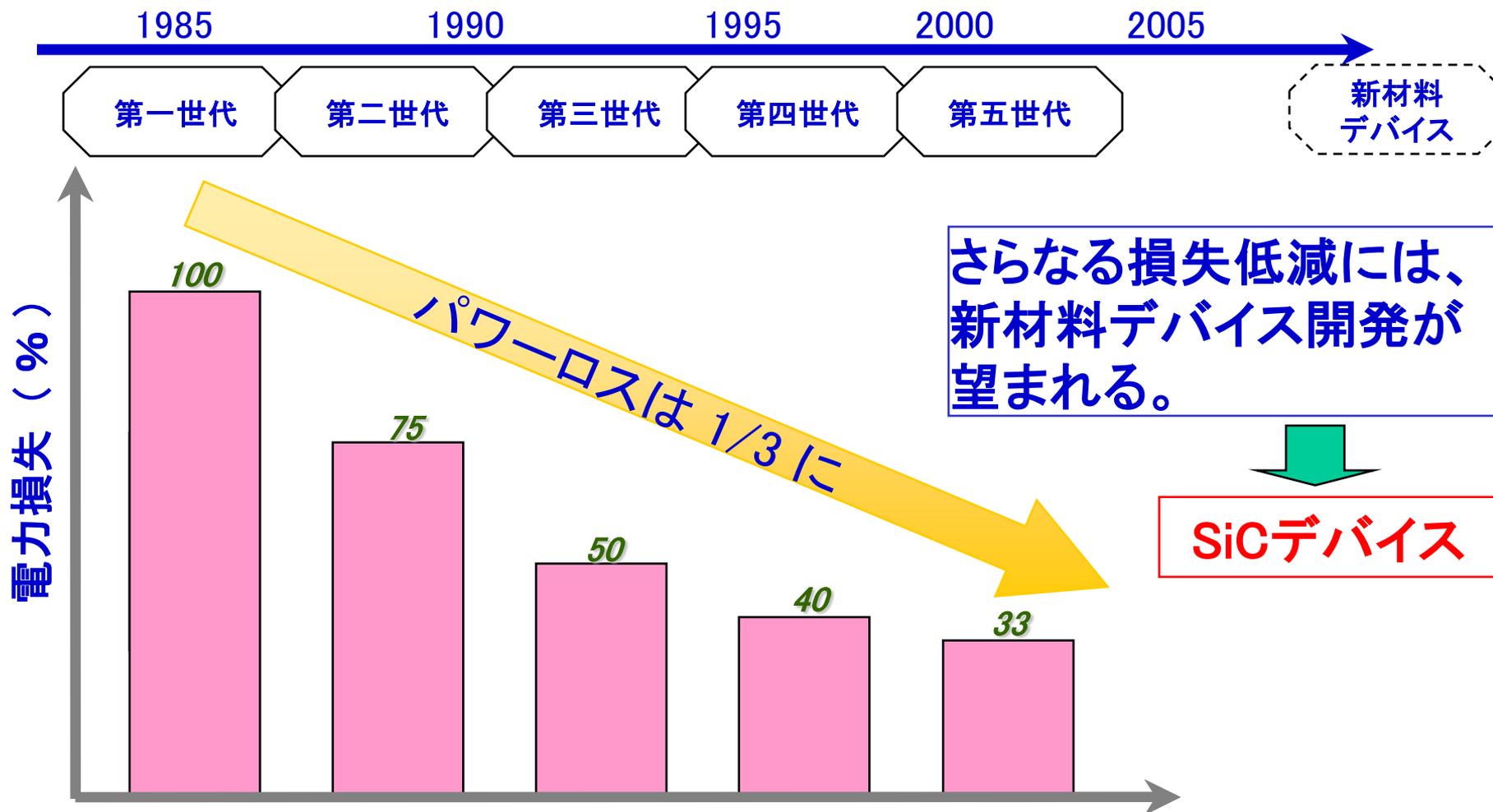
ハイブリッド自動車
電気自動車

広い産業分野で省エネに貢献

パワーエレ装置の応用マップと市場ニーズ



Siパワーデバイスの損失の変遷



SiとSiCの物理的性質の比較

	バンドギャップ (eV)	電子移動度 (cm ² /Vs)	絶縁破壊電界 (MV/cm)	熱伝導度 (W/cmK)
SiC	3.25	1140	3	4.9
Si	1.1	1500	0.3	1.5

約3倍

約10倍

熱的に励起される
キャリアが少ない

薄い半導体層で
高電圧に耐える

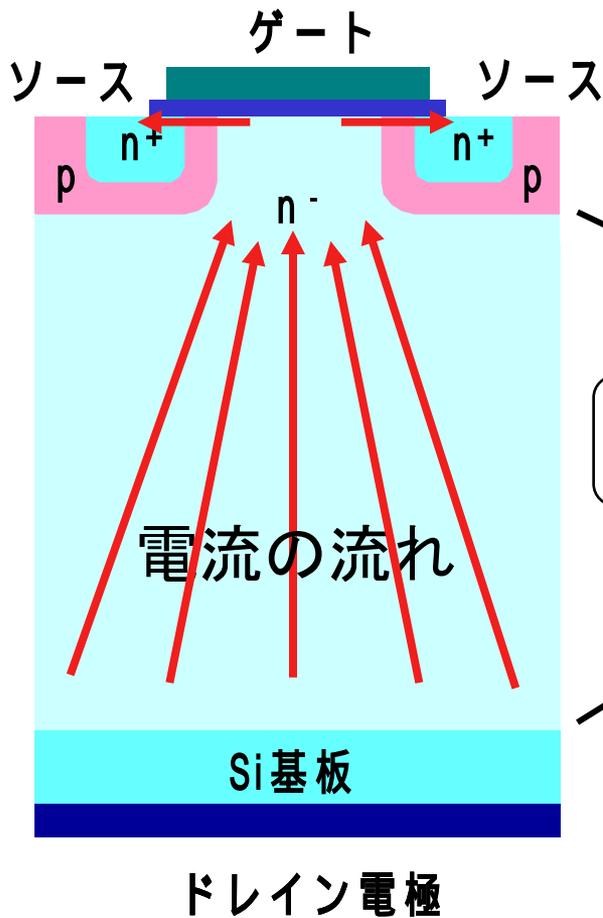
高温動作

低抵抗

SiCはパワーデバイス用半導体として優れた性質をもつ

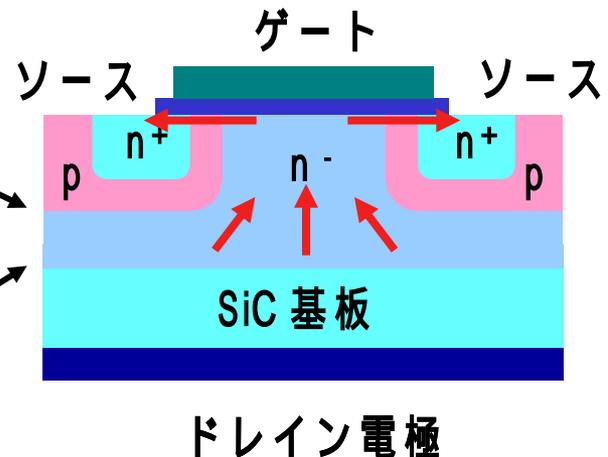
Si-MOSFETとSiC-MOSFETの構造比較

Si-MOSFET



薄層化
高電子濃度化

SiC-MOSFET



電流路における抵抗値を大幅に低減

パワーデバイスの電力損失

パワーデバイス部での電力損失

= 導通損失 +

スイッチング損失

↑
オン時の抵抗値
(オン電圧)が決定

↑
蓄積キャリアが
強く影響

電力損失の低減には導通損失、スイッチング損失とも低減が必要

パワーデバイスのSiC化

- 物性値より低抵抗化が可能 → 導通損失の低減が可能
- ユニポーラ化により蓄積電荷量の低減可能
→ スwitching損失の低減が可能

SiCを用いたユニポーラデバイスにより大幅な損失低減が可能

SiCデバイスのメリットと適用可能システム

SiC化のメリット

小型・高パワー密度

低損失・高効率

高周波・高性能

高温動作

幅広い用途に適用可能

省エネ
パワーエレクトロニクスシステム

ファン・ポンプ
分散電源
民生家電 他

高周波制御
パワーエレクトロニクスシステム

昇降圧チョッパ
無停電電源
工作機械 他

高温動作
パワーエレクトロニクスシステム

電気自動車
航空機 他

3.7kW出力の小型SiCインバータ

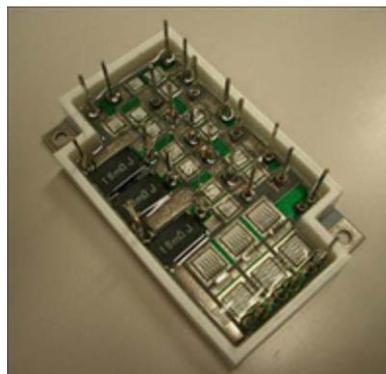


SBD

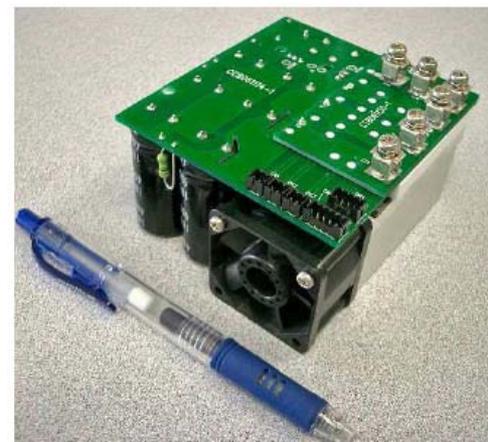


MOSFET

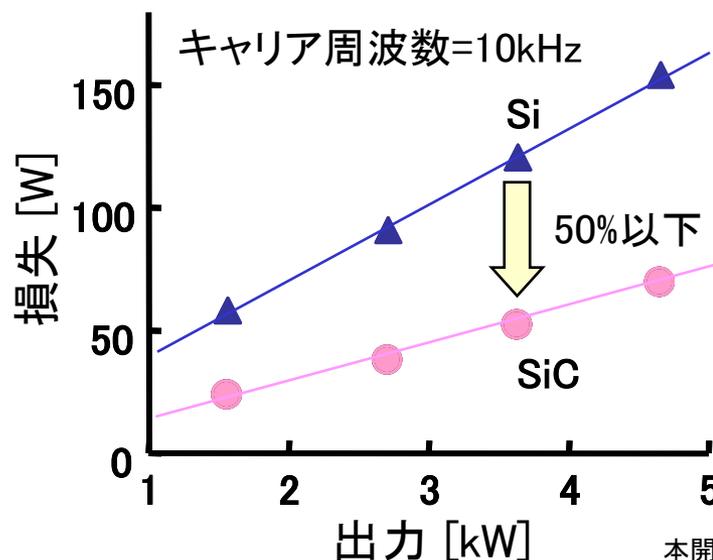
SiCパワーデバイス



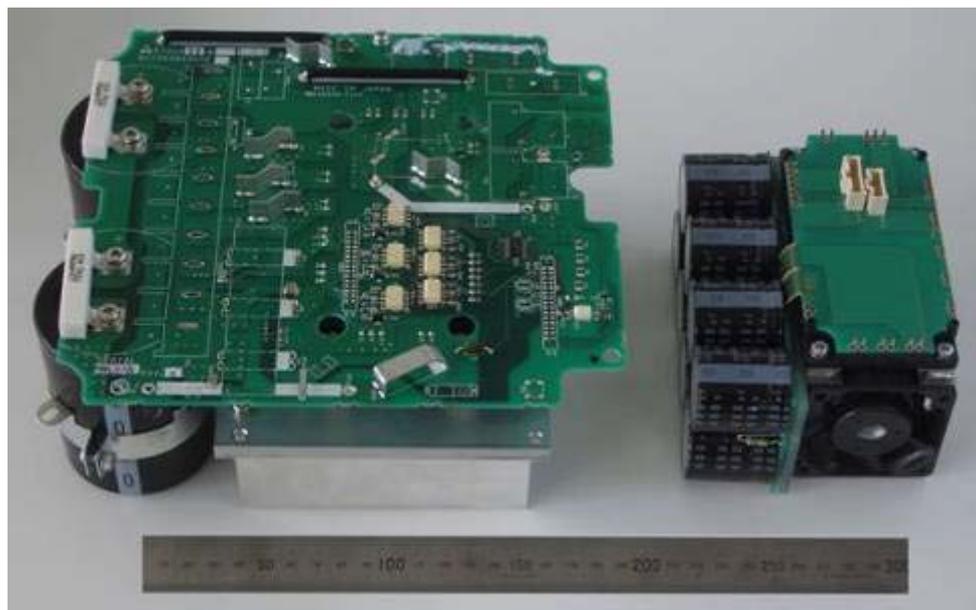
フルSiC小型CIBモジュール



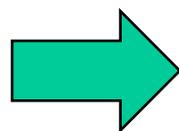
小型SiCインバータ
3.7kW/400V



11kW出力の小型SiCインバータ



Siインバータ
11kW/400V



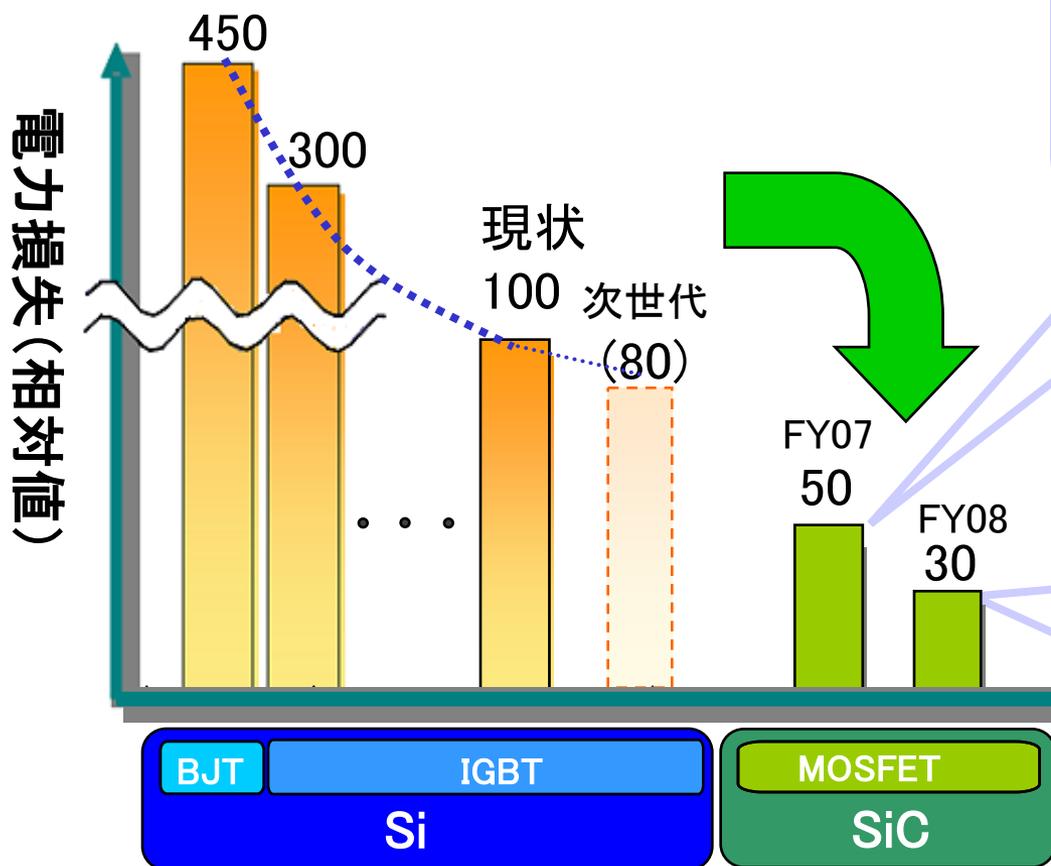
SiCインバータ
11kW/400V

体積: 1/4

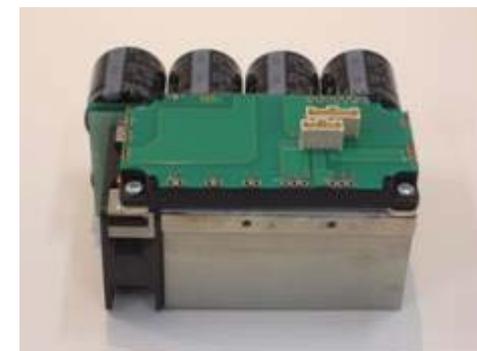
パワー密度: 10W/cm³

SiCパワーデバイス技術の現状(低損失化)

インバータ動作時の電力損失



3.7kW
損失50%減

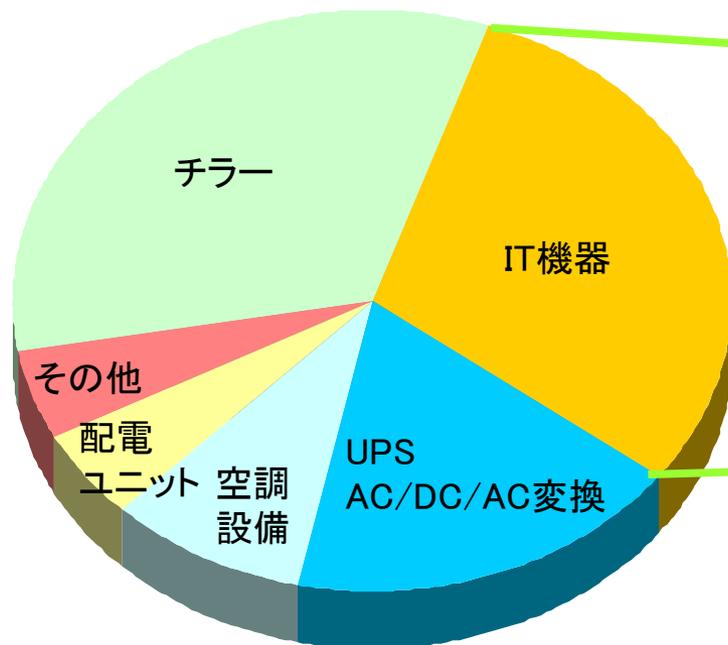


11kW
損失70%減

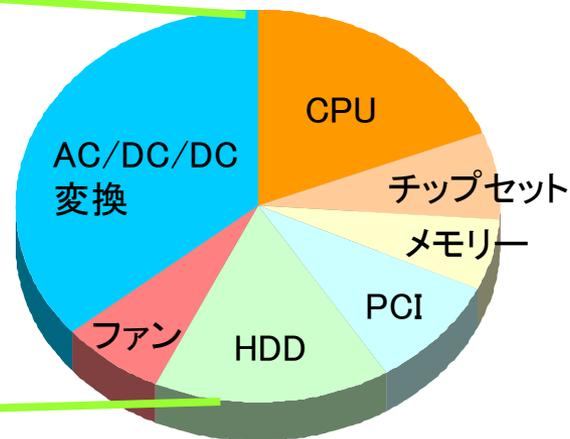
データセンター消費電力

データセンター

サーバー



出所: APC



出所: EYPミッションクリティカルファシリティーズ、インテル

各製品分野におけるSiCデバイス化による効率向上

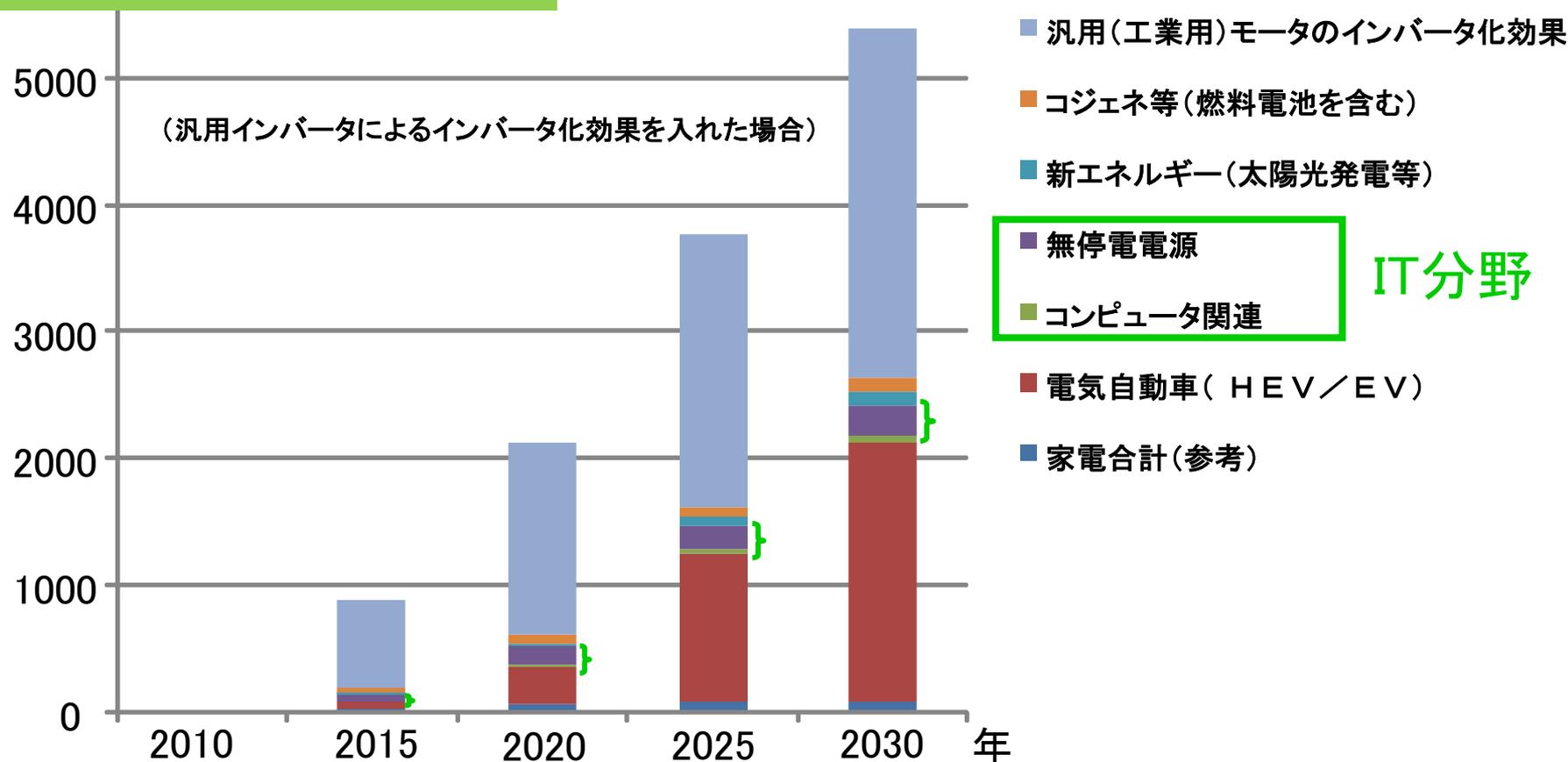
製品分野	現在(Siデバイス使用)の機器の総合平均効率(%)	内Si半導体デバイスによる損失分(%)	SiC半導体デバイス導入による効率向上分(%)
エアコン	93.0	3.5	2.5
冷蔵庫	92.0	3.5	2.5
電気自動車(HEV/EV)	80.0	20.0	11.5
汎用インバータ	93.7	2.9	2.0
コンピュータ関連	87.3	6.8	4.7
無停電電源等IT機器関連電源	91.8	5.9	4.1
太陽光発電用インバータ	96.2	2.9	2.0
燃料電池用インバータ	93.9	4.7	3.3
汎用モータのインバータ化による効果			20.0

IT分野

(最下段: 汎用モータのインバータ化による効率向上)

2030年までのSiCデバイス適用による省エネ効果予測

(原油換算: 万kl/年)



原油換算 72 142 227 291 万kl/年
 電力換算 28 63 89 114 億kWh/年

SiCパワーデバイス技術の展開

発電・送電分野

高耐圧、
大容量

太陽光発電、
風力発電、分散電源
(パワコン)

情報分野

データセンタ
情報ネットワーク
(UPS、サーバ電源)

低コスト化

民生分野

エアコン
(RAC、PAC)

高キャリア周波数、高信頼、低ノイズ

SiCパワエレ技術

- ・ SiCウェハ、エピ技術
- ・ SiCデバイス技術
- ・ パワーモジュール技術
- ・ 変換器技術

車載環境対応
(高温、振動、高信頼 等)

産業分野

モータ駆動
(汎用インバータ)

車載環境対応
(高温、振動、高信頼 等)

運輸分野

電気自動車
(HEV、PHEV、EV、FCV)

電鉄

鉄鋼

まとめ

- ◆ SiCパワーデバイス適用により、インバータ動作時の損失を70%低減。
- ◆ SiCパワーデバイス技術は省エネルギーで「グリーンIT」に貢献するとともに、その他広い産業分野への展開が期待される。