



次世代 パワーエレクトロニクス

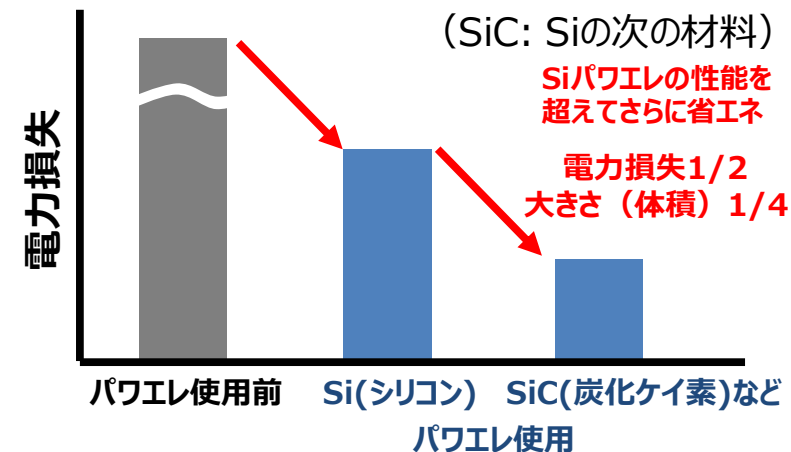
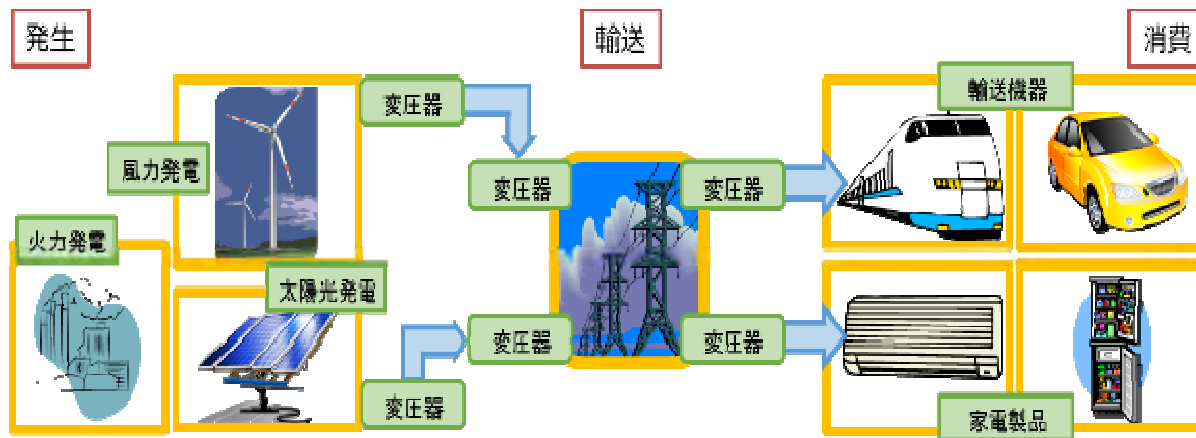
プログラムディレクター
大森 達夫

1. 研究開発の背景と目的
2. 研究開発の全体像と出口戦略
3. 自動車用SiCパワエレ技術の出口戦略と課題・目標
4. 電力機器用SiCパワエレ技術の出口戦略と課題・目標
5. GaN共通基盤技術の主な開発項目の目標と成果
6. まとめ

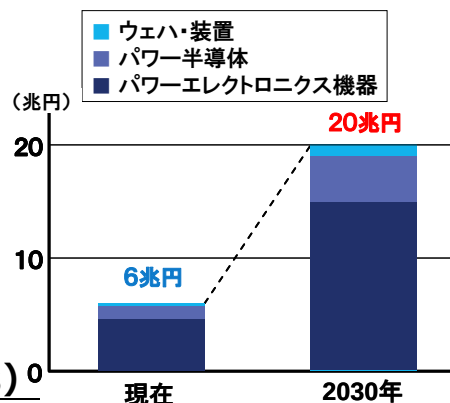
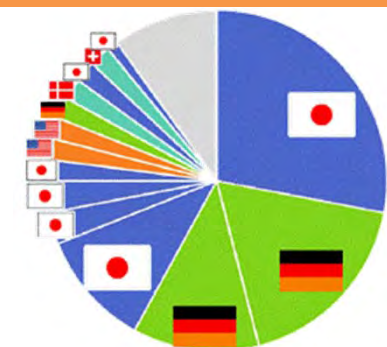
1. 研究開発の背景と目的

パワーエレクトロニクスは電力の発生・輸送・消費を効率的・高精度に行う
COP21が目指す低炭素社会を実現するためのキーテクノロジー

省エネ化の重要コア技術



日本の強い分野 = 市場成長性も高い

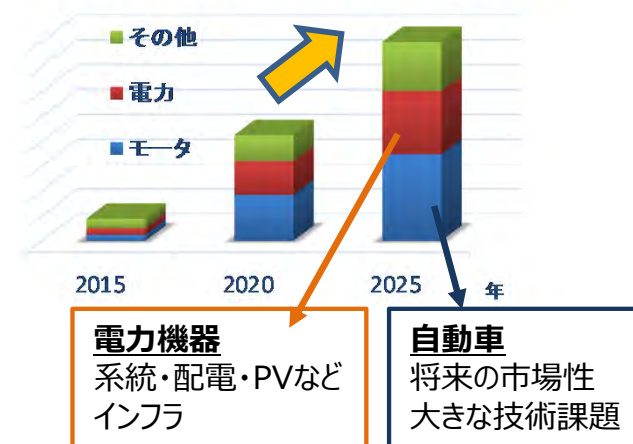


将来的に大きな成長が見込まれ、技術課題の大きな

自動車分野 電力機器分野

のSiCパワエレ技術
(ウエハ、エピ、デバイス、モジュール、機器) 革新が重要

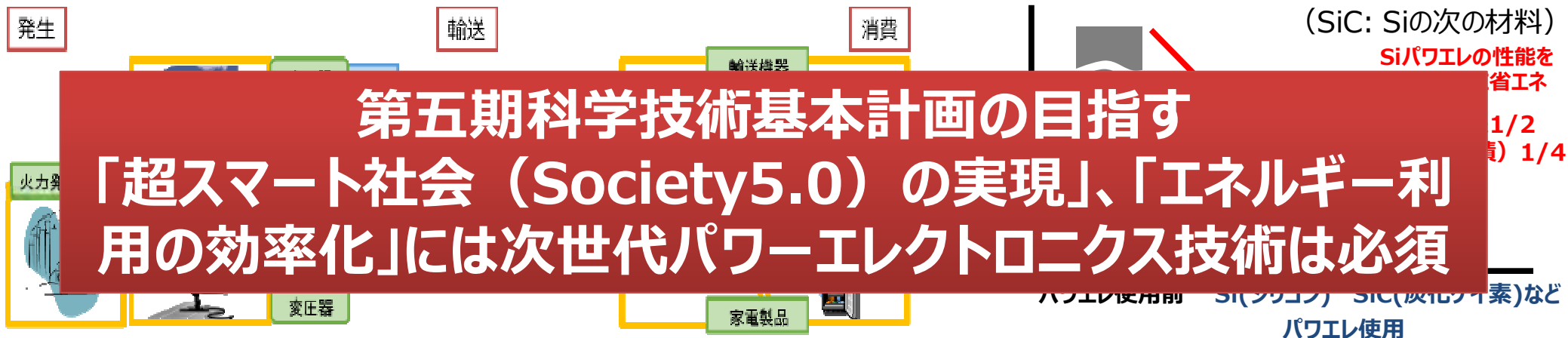
SiCパワーデバイスのアプリケーション動向



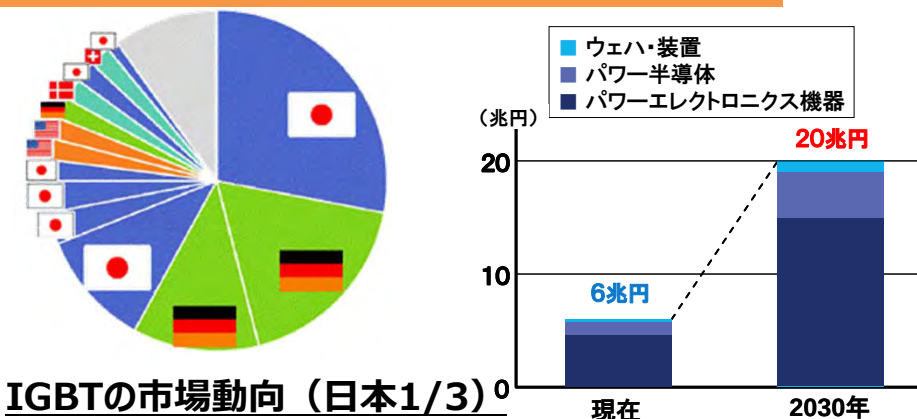
(株) 富士経済2016年版 次世代パワーデバイス & パワエレ関連機器市場の現状と将来展望より

1. 研究開発の背景と目的

パワーエレクトロニクスは電力の発生・輸送・消費を効率的・高精度に行う
COP21が目指す低炭素社会を実現するためのキーテクノロジー
省エネ化の重要コア技術



日本の強い分野 = 市場成長性も高い

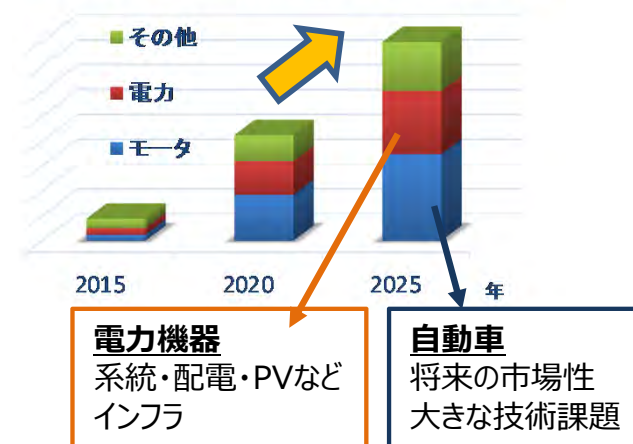


将来的に大きな成長
が見込まれ、技術課
題の大きな

**自動車分野
電力機器分野**

のSiCパワーエ技術
(ウェハ、エピ、
デバイス、モジュール、
機器) 革新が重要

SiCパワーデバイスのアプリケーション動向



(株) 富士経済2016年版 次世代パワーデバイス
& パワーエ関連機器市場の現状と将来展望より

2. 研究開発像の全体像と出口戦略

大きな成長が見込まれ、技術課題の大きな自動車分野、電力機器分野のSiCパワエレ技術（ウエハ、エピ、デバイス、モジュール、機器）の革新を行い、**更なる適用分野拡大**や**普及拡大**を図り、**一層の省エネ化の促進と産業競争力の強化**を進める。

<研究開発項目と主要目標>

次世代パワーモジュールの応用

- ・次世代パワーモジュール使いこなし技術
- ・応用製品のプロト試作および動作実証
- 直流送電（HVDC）用マルチレベル変換器、6.6kV連系用トランスレス変換器
- EV用機電一体インホイールモータ
- ・自動車向け耐熱モジュール（ T_{jmax} 250℃）

III

次世代SiCモジュール

- ・高電流密度モジュール技術
- ・高温・高電流密度・高耐圧用材料、部品開発
- ・低コスト化・信頼性技術（1kA/cm²）

I

SiC:炭化ケイ素
GaN:窒化ガリウム
Ga₂O₃:酸化ガリウム

次世代SiCデバイス

- ・20kV IGBT, PiN
- ・6.5kV SJ-MOSFET

次世代SiCウエハ

- ・高耐圧用厚膜エピウエハ（欠陥密度(BPD)0.1/cm²以下）
- ・低抵抗ウエハ（n型 5mΩcm）

次世代GaNデバイス

- ・縦型パワーデバイス（1mΩcm²以下、数A級）

次世代GaNウエハ

- ・低欠陥高品質ウエハ（貫通転移 <1000/cm²）

IV 新回路、ソフトウェア

- ・パワープロセッシング技術

II 新材料 基盤技術

- ・Ga₂O₃
- ・ダイヤモンド

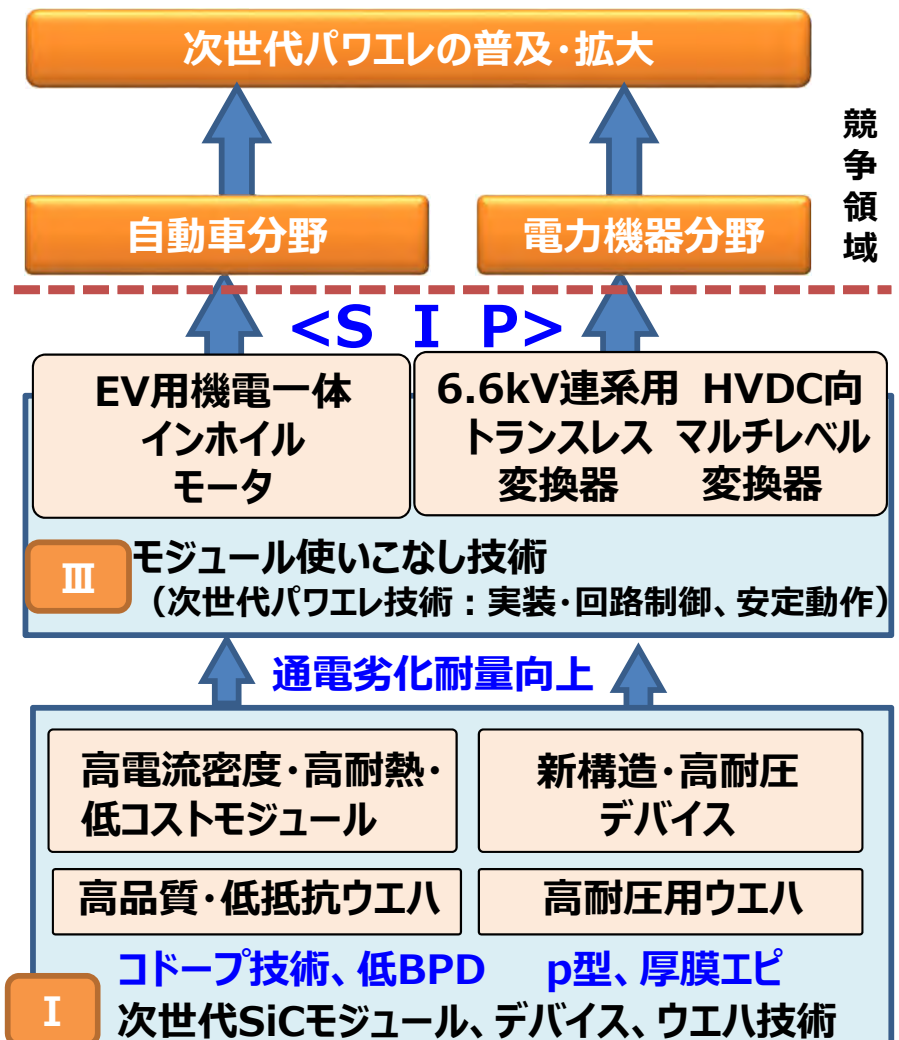
SIP 次世代パワーエレクトロニクス：内閣府 H26～H30

SiC

GaN

将来技術

<SiCの適用分野拡大への出口戦略>



青字がSIP開発項目

3. 自動車用SiCパワーエレクトロニクス技術の出口戦略と課題・目標(1/2)

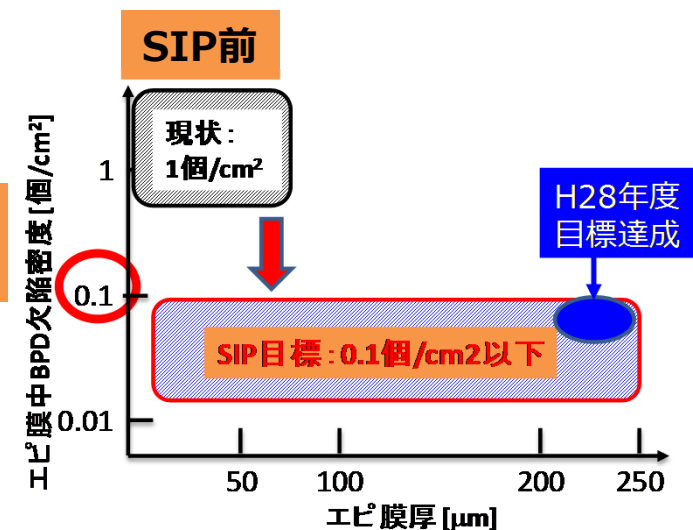
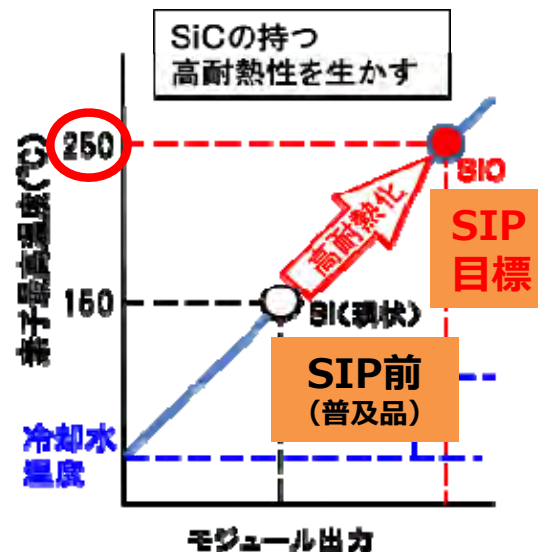
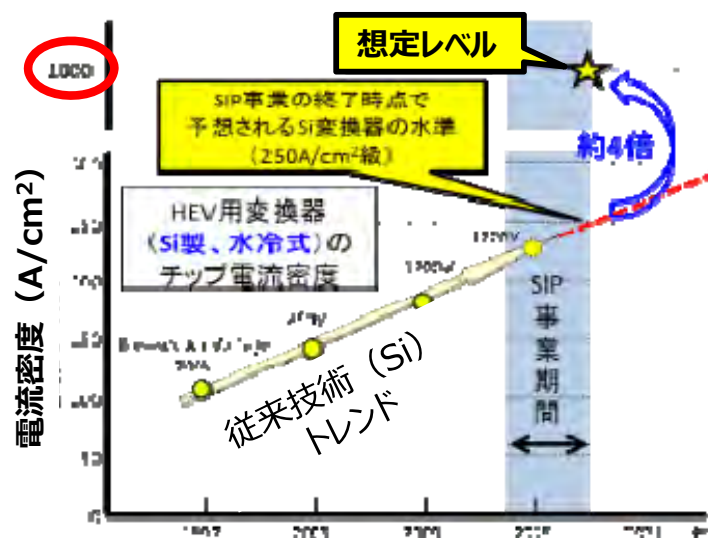
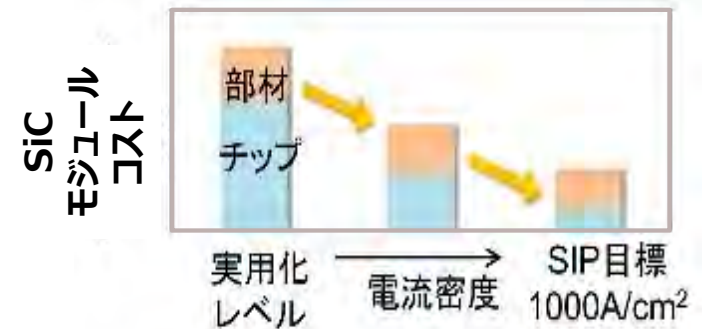
自動車向けSiCモジュールの高電流密度化を達成、小型化・低コスト・高付加価値を実現へ

目的：出口戦略

- ✓ 車用インバータシステムの
高効率化（現状損失を1/2以下）
超小型化（現状体積の1/4以下）
低コスト化
- ✓ 車の電動化を拡大

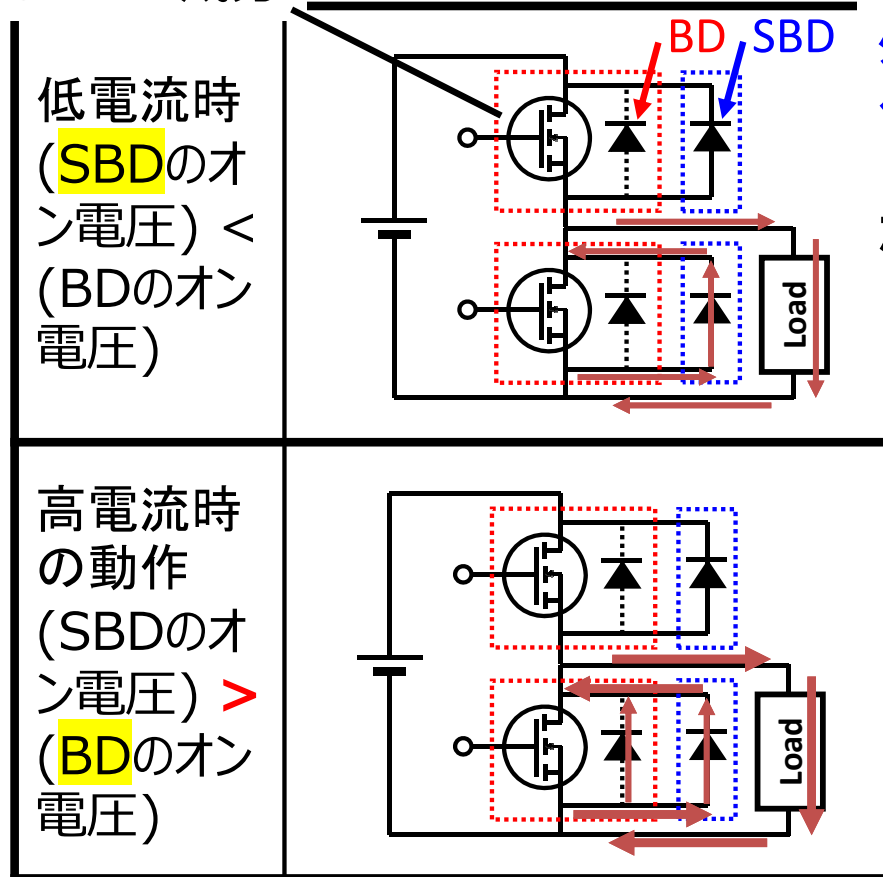
課題と目標：

- (1) デバイス、モジュールの高電流密度（1000A/cm²以上）動作を通電劣化無しで実現し、
モジュールの小型化（現状の1/4以下）、低コスト化
- (2) デバイスに加え受動部品・部材の高温化で、耐熱モジュール実現（250℃対応）
- (3) 高品質、低抵抗SiCウエハ（現状の1/4以下：20→5mΩcm以下）実現と通電劣化無しの高品質エピ構造実現
 - ✓ エピ膜中の結晶欠陥（BPD）低減（0.1個/cm²以下）
 - ✓ 通電劣化機構解明による劣化抑制エピ構造（エピ構造の革新：再結合促進層技術の開発）



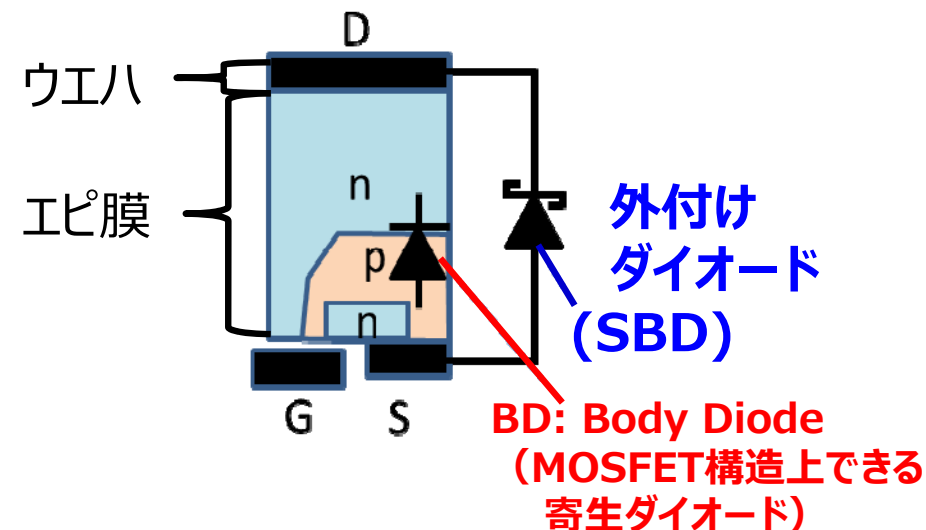
3. 自動車用SiCパワエレ技術の出口戦略と課題・目標(2/2)

MOSFET成分 BD (寄生ダイオード) 成分



外付け
ダイオード
(SBD)
が必要

SiC-MOSFETのデバイス構造

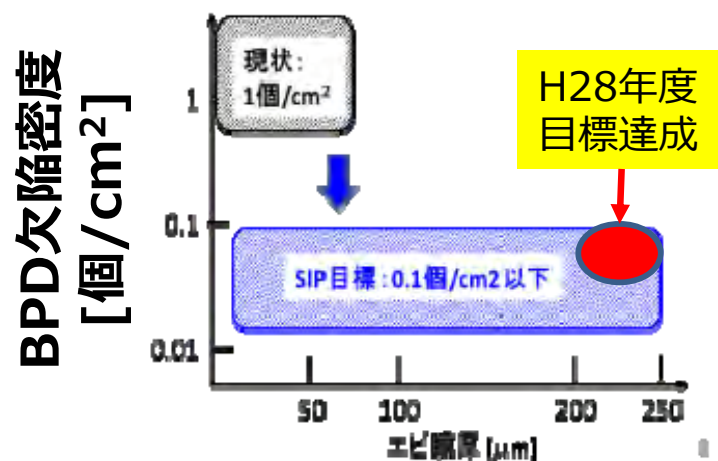


課題：高電流時のBDオン

- エピ膜中にある結晶欠陥 (BPD) からBDが劣化
- MOSFET特性が変化する (通電劣化)
- BD通電阻止：大面積化でSBDオン電圧低げる
- コストアップ要因

対策：

- ✓ エピ膜中のBPD欠陥低減 (0.1個/cm²以下)
- ✓ 通電劣化機構解明による劣化抑制エピ構造 (エピ構造の革新：再結合促進層技術の開発)
- ✓ 同期整流技術で通電劣化耐量内で動作



回路基板

メタライズ放熱基板

- ・薄板高熱伝導SN基板
(耐ヒートサイクル性)
- ・耐熱導体層
- ・多層構造化(対向回路)

配線基板

- ・小型化、分割構造
(低応力、低インダクタンス)
- ・裏面にSiC素子接合

受動部品

高耐熱抵抗器(R)

- ・f特20MHz以上
- ・高耐熱化($\sim 300^{\circ}\text{C}$)
- ・高耐熱電極構造
- ・応力緩和端子

高耐熱コンデンサ(C)

- ・f特20MHz以上
- ・低背化(コンデンサ+端子)
- ・低インピーダンス化
- ・応力緩和端子

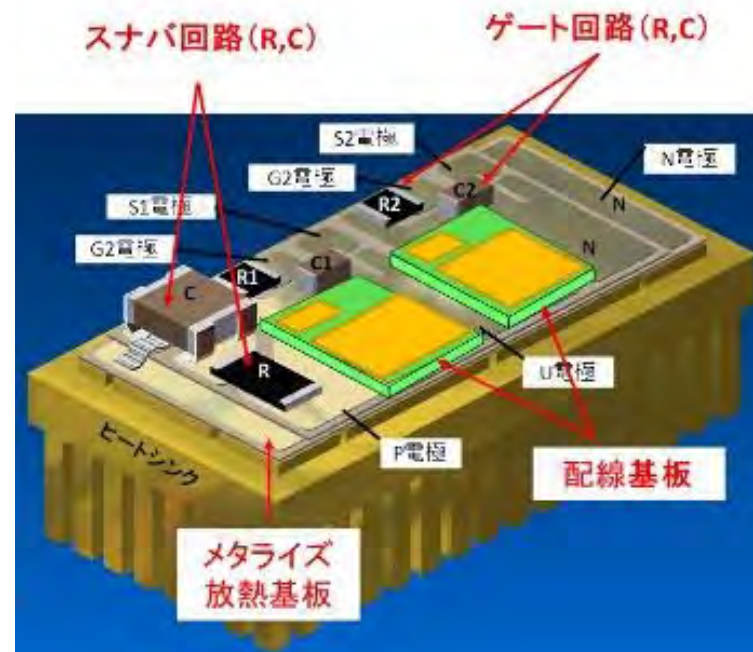
部品供給

評価結果

評価結果の設計への反映

部品単体としての共通的評価試験

- ⇒ 高温保持(250°C 1,000h)
抵抗は $+300$, $+350^{\circ}\text{C}$ も実施
- ⇒ 温度サイクル($-40 \sim +250^{\circ}\text{C}$ 1,000回)
- ⇒ 劣化機構解明(部品設計に反映)、
加速劣化試験法を検討



評価結果の設計への反映

モジュールとしての評価

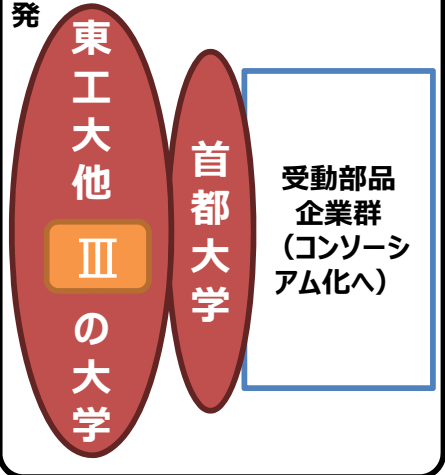
- ⇒ 高温保持(250°C -1,000h)
- ⇒ 温度サイクル試験
($-40 \sim +250^{\circ}\text{C}$ 1,000回)
- ⇒ パワーサイクル試験

開発加速および成果普及・拡大のためのテーマ間連携

ウエハ・部品から機器（上流から下流）まで一気通貫した開発の推進、
および普及・拡大のための標準化戦略を踏まえて研究テーマ間連携を積極的に推進

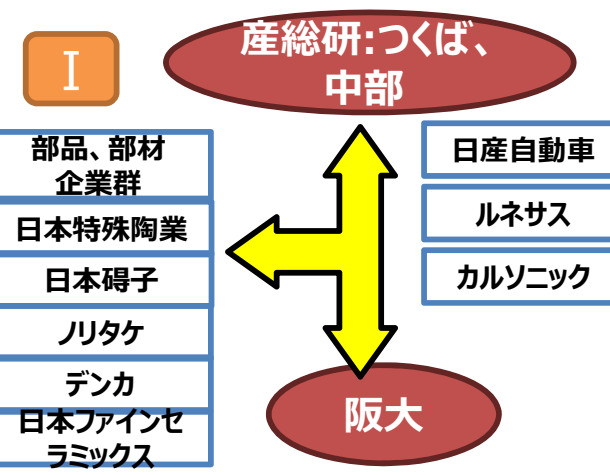
パワエレ評価・受動部品連携

目的：高速動作時の損失評価
技術の普及、高性能受動部品開
発



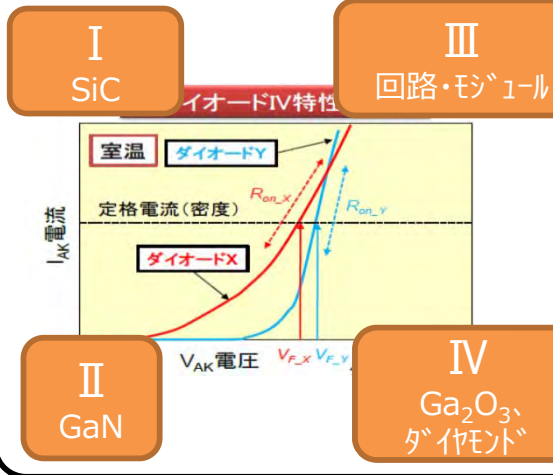
高温対応部品・モジュール連携

目的：高温モジュールによる高温部品、部材評価と
高温部品、部材開発



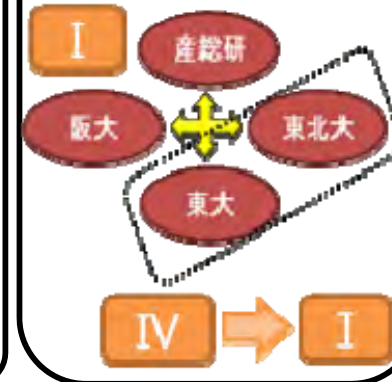
デバイス共通評価連携

目的：共通の評価方法で異なる半導体材料、
モジュールの性能比較を行う

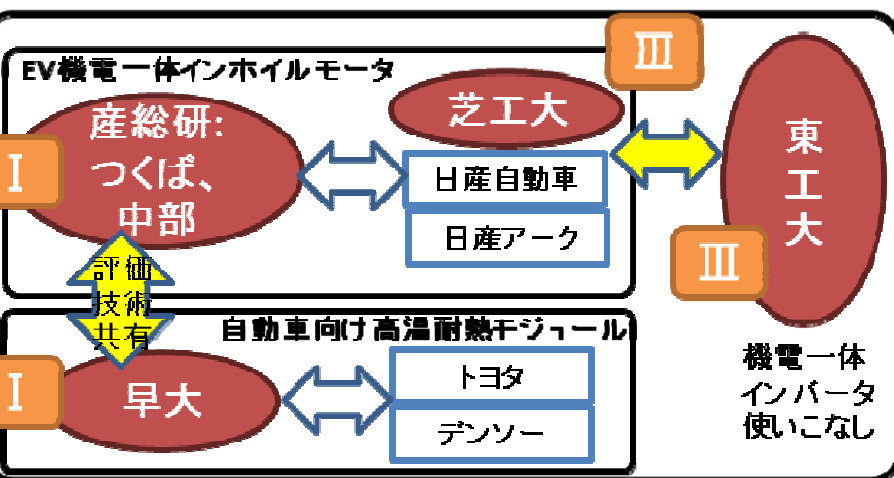


SiC-MOS界 面・酸化膜連携

目的：共通の新規TEG・
分析法によるMOS界面・
酸化膜欠陥解明、高性能
MOS開発

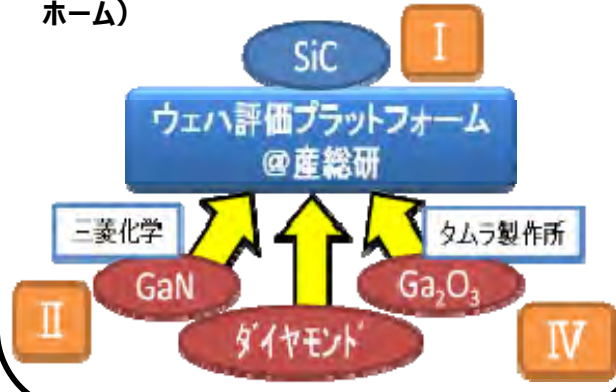


小型インバータ連携（開発品適用・評価技術共有）



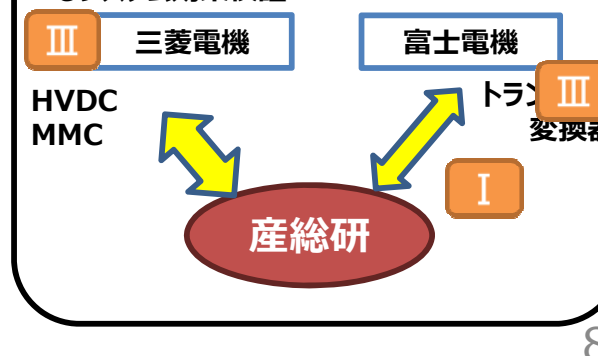
ウエハ品質評価共通プラットフォーム

目的：共通の評価手法で異なる半導体材料の
ウエハの品質評価（ウエハ品質評価共通プラット
ホーム）



高耐圧デバイス・システム検証

目的：3.3kV→6.5kVデバイス使用によ
るシステム効果検証



SiCパワーモジュール実用化技術

SiCパワーモジュールの特長である①高速スイッチング、②低損失、③高熱伝導率、④高SOAを積極的に活用する次世代の**使いこなし技術**および新たな**実用化技術開発**（自動車分野、電力機器分野）を推進。

実用化 技術		6.6 kV連系用 トランスレス電力 変換システム		高圧直流 送電向け電力 変換システム		EV用機電一体 インホイール モータ	
使いこなし 技術	モータドラ イブシス テム技術	絶縁形DC-DC コンバータ			モータ駆動 回路システム		
		高密度 電力変換器			超高速モータ用 インバータ		
	実装・ 回路制御 技術	トランスレス 連系用制御		HVDC向け マルチレベル制御		AC/DC 変換器	
		チョッパ 回路	ハイブリッド [®] 直流 遮断器			マルチレベル 変換器	
	基盤要素 技術	電磁気学的EMC設計法		高周波加熱		受動デバイスの高性能化	

3. 主な開発項目の目標と成果(1/4)

	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	達成度	ブレークスルー技術
自動車 用SiC パワー 技術	ウエハ	・20mΩcm限界	・5mΩcm以下 (見直し後)	・6.6mΩcm	・ コドーブ技術 ： (例：AlとNの添加)
	エピ	・BPDが1個/cm ² 以上	・BPDが0.1個/cm ² 以下	・BPDが0.1個/cm ² 以下 ([N]<1×10 ¹⁵ 個/cm ³)	・ 低BPDエピ技術、 ・基板からのBPD変換エピ 構造
	デバイス	・トレンチMOS構造 ・外付けダイオードが 必要	・通電劣化無し構造 (1kA/cm ²) ・BD(寄生ダイオード) の活用	・通電劣化無しを実証 ・限界評価中 (2kA/cm ²) ・劣化モデル構築	・ 再結合促進層技術 ・低BPDエピ技術
	モジュール	・200℃対応のモ ジュール (開発品)	・高電流、高速用低イ ンダクタンス小型モ ジュール (250℃対応)	・250℃対応受動部品 実証 ・ZnAl接合+ワイヤーボ ンド構造で温度サイクル 実証	・ 250℃対応の受動部品、 部材開発、すりあわせ技術 ・ 劣化機構解明
	機器 (機電一体イ ンホイルモータ)	・既存品無 (特殊 大型のみ開発中)	・EV用汎用サイズの機 電一体インホイルモータ ユニット(40kW)	・20kWモータ動作実証	・ 5相 機電一体 空冷 モータ ・ 超小型 低インダクタンスモ ジュール

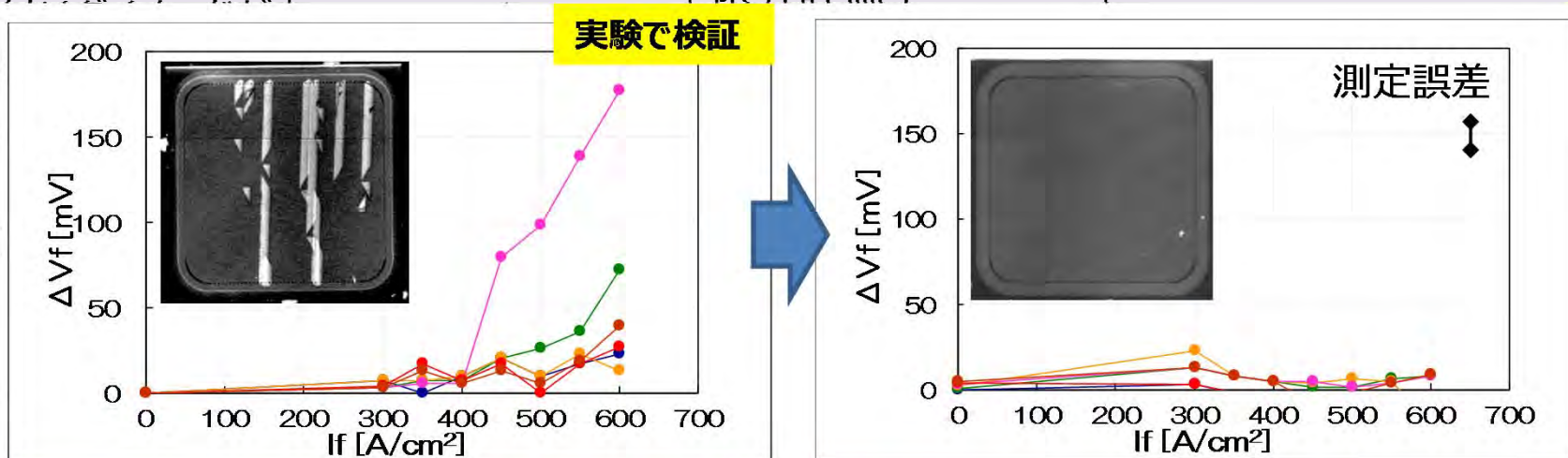
BPD：結晶欠陥

※Siのブレークスルー技術
(SJ: Super Junction)

*同じセルを直列に多数接続するブレークスルー技術。高耐圧化が容易でノイズが少ないが、制御が複雑 (MMC: Modular Multilevel Converter)

3. 主な開発項目の目標と成果(2/4)

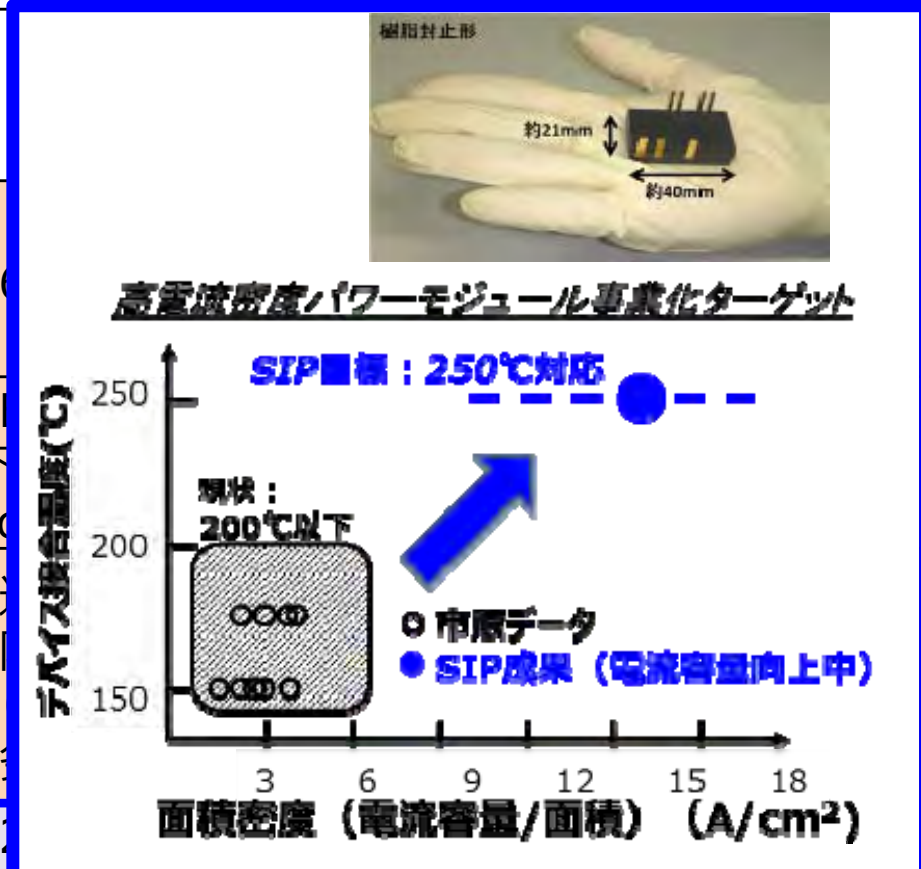
	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	達成度	ブレークスルー技術
自動車 用SiC パワエレ 技術	ウエハ	・20mΩcm限界	・5mΩcm以下 (見直し後)	・6.6mΩcm	・ コドーブ技術 ： (例：AlとNの添加)
	エピ	・BPDが1個/cm ² 以上	・BPDが0.1個/cm ² 以下	・BPDが0.1個/cm ² 以下 ([N]<1×10 ¹⁵ 個/cm ³)	・ 低BPDエピ技術 、 ・基板からのBPD変換エピ 構造
	デバイス	・トレンチMOS構造 ・外必要	・通電劣化無し構造 (1kA/cm ²)	・通電劣化無しを実証 ・限界評価中	・ 再結合促進層技術 ・低BPDエピ技術
	モジュール	・20 ジュ			
	機器 (機電一体イ ンホイモータ)	・既 大型			



高電流密度動作時の**通電劣化メカニズムを解明**。同期整流を含む高電流密度安定動作技術（再結合促進層技術）を開発し、劣化加速試験のための劣化メカニズム解明を進め、信頼性データを蓄積中。

3. 主な開発項目の目標と成果(3/4)

	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	
自動車 用SiC パワー 技術	ウエハ	・20mΩcm限界	・5mΩcm以下 (見直し後)	・
	エピ	・BPDが1個/cm ² 以上	・BPDが0.1個/cm ² 以下	・下 /c
	デバイス	・トレンチMOS構造 ・外付けダイオードが 必要	・通電劣化無し構造 (1kA/cm ²) ・BD(寄生ダイオード) の活用	・シ ・イ ・多
	モジュール	・200℃対応のモ ジュール (開発品)	・高電流、高速用低イ ンダクタンス小型モ ジュール (250℃対応)	実証 ・ZnAl接合+ワイヤーボ ンド構造で温度サイクル 実証
	機器 (機電一体イ ンホイルモータ)	・既存品無 (特殊 大型のみ開発中)	・EV用汎用サイズの機 電一体インホイルモータ ユニット(40kW)	・20kWモータ動作実証
				・250℃対応の受動部品、 部材開発、すりあわせ技術 ・劣化機構解明
				・5相機電一体空冷モータ ・超小型低インダクタンスモ ジュール



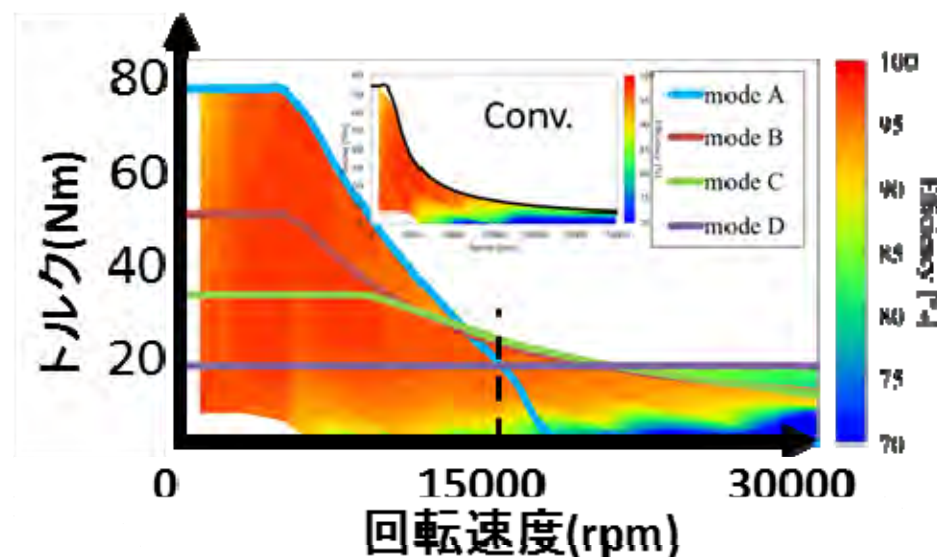
BPD: 結晶欠陥

※Siのブレイクスルー技術
(SJ: Super Junction)

*同じセルを直列に多数接続するブレイクスルー技術。高耐圧化が容易でノイズが少ないが、制御が複雑 (MMC: Modular Multilevel Converter)

3. 主な開発項目の目標と成果(4/4)

自動車用SiCパワエレ技術	項目	()				
	ウエハ	・20mm	○<u>超小型5相巻線切替え機電一体モータ設計完了。</u> ○熱伝達係数実測により熱設計・試算完了。 ○各駆動モードにより、全スピード領域で従来 (Conv.) より高トルク出力を試算 (<u>従来の2倍以上@15000rpm</u>) 。 ○20kWプロト実証で、次は40kWモータベンチへ。			
	エピ	・BPD以上				
	デバイス	・トレン ・外付必要				
	モジュール	・200W ジュール				
機器 (機電一体インホイールモータ)			・既存品無 (特殊大型のみ開発中)	・EV用汎用サイズの機電一体インホイールモータユニット(40kW)	・20kWモータ動作実証	・5相機電一体 空冷 モータ ・ 超小型 低インダクタンスモジュール



BPD : 結晶欠陥

※Siのブレイクスルー技術
(SJ: Super Junction)

*同じセルを直列に多数接続するブレイクスルー技術。高耐圧化が容易でノイズが少ないが、制御が複雑 (MMC: Modular Multilevel Converter)

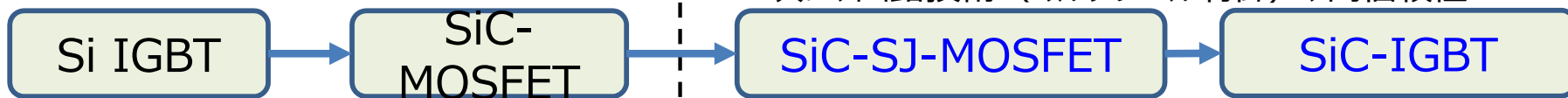
4. 電力機器用SiCパワエレ技術の出口戦略と課題・目標(1/4)

デバイスの高効率・高耐圧化を達成し、高効率・高性能電力機器の実現へ

6.5kV耐圧未満のデバイス開発現状

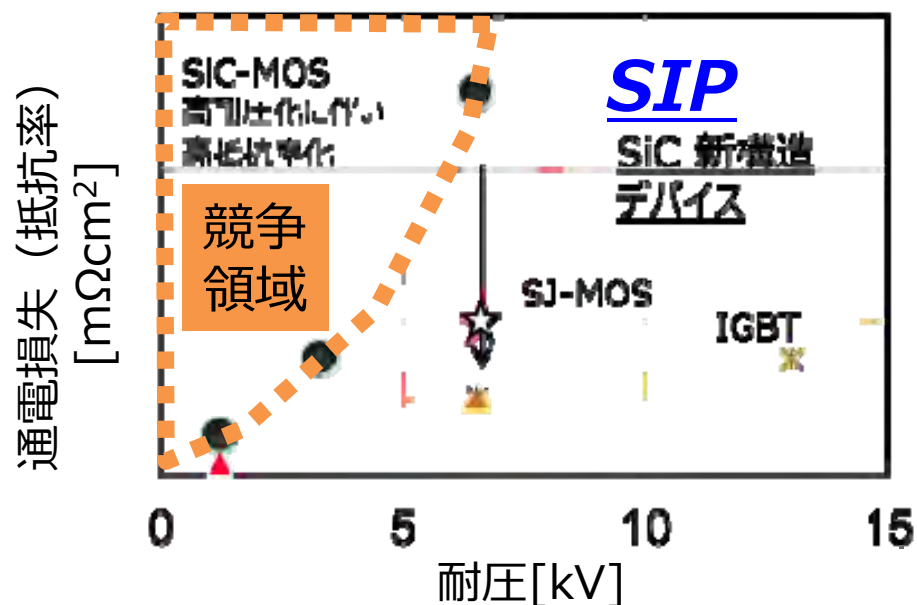
- ✓ 6.5kV以上の新構造・高耐圧デバイス実現
(Siのブレークスルー技術SJ-MOSFET、IGBTを適用へ)
- ✓ 次に、回路技術（マルチレベル制御）、高信頼性

高耐圧化



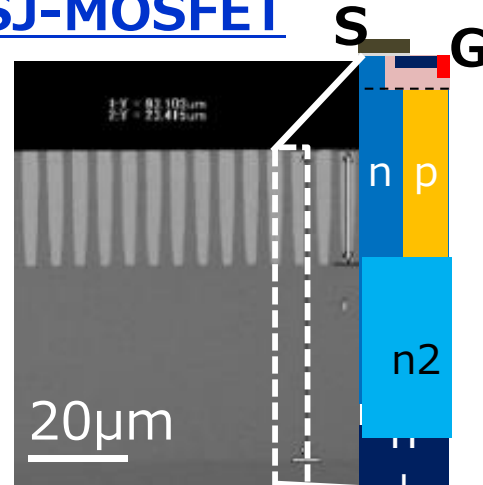
製品化レベル (競争領域)

SIP (協調領域)



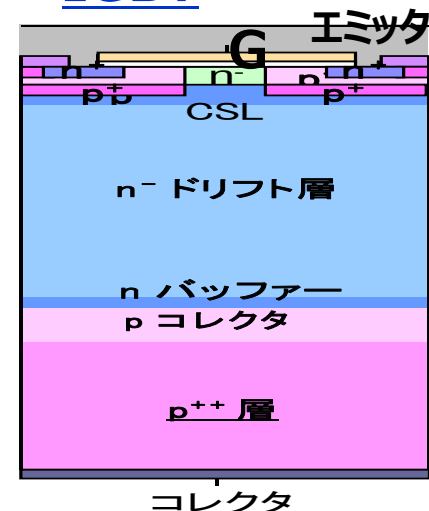
SIP目標

SJ-MOSFET



SIP目標

IGBT



- ✓ 耐圧を保ちながら低抵抗化できるSJ (Super Junction) 構造のSiC-MOSFET開発
(オン抵抗1/2以下: $45 \rightarrow 22 m\Omega cm^2$ 以下、6.5kV耐圧、信頼性は担保、SiC対応プロセス秘術)
- ✓ さらに高耐圧領域では、Siのブレークスルー技術である、さらなる低抵抗化できる**IGBT構造**デバイス開発
(損失をSiC-MOSFETの1/2以下、20kV耐圧、信頼性は担保)

4. 主な開発項目の目標と成果(2/4)

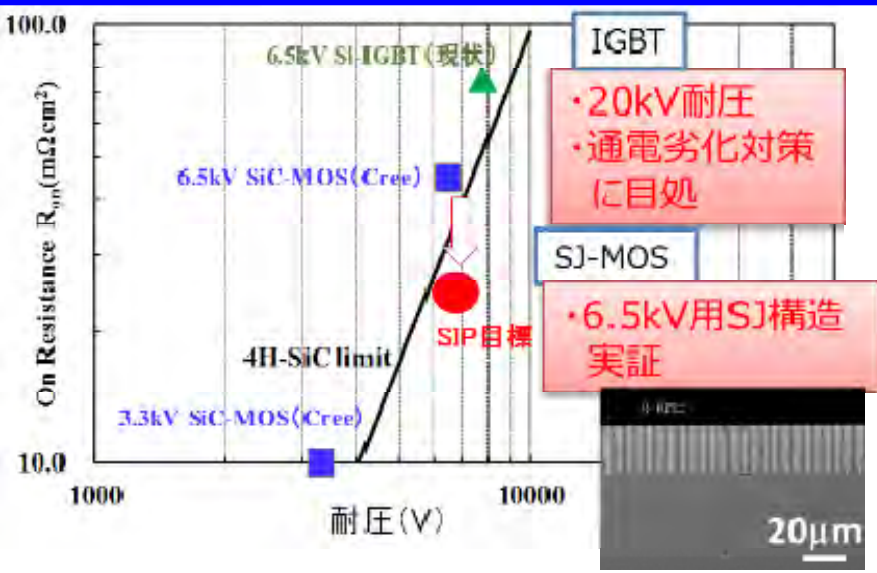
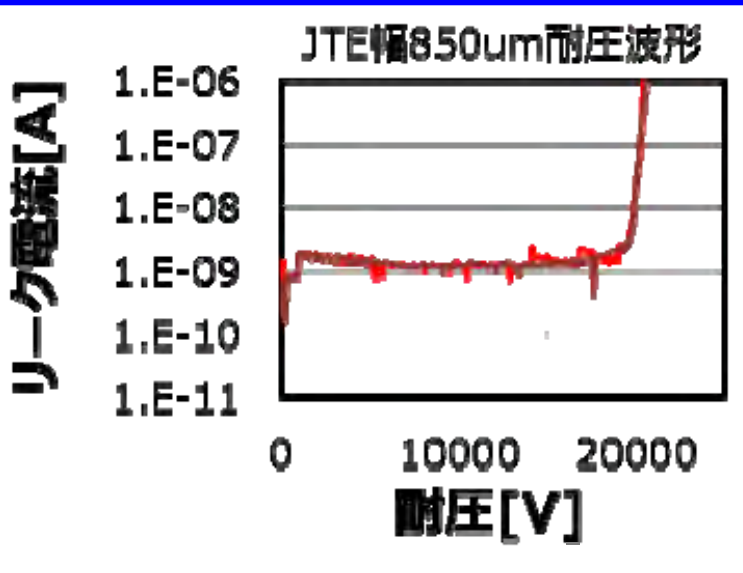
	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	達成度	ブレークスルー技術
電力 機器用 SiC パワー 技術	耐圧 6.5kV 以上の 高耐圧 デバイス	・耐圧6.5kV以下のSiC-MOSFET (プレーナ構造、トレンチ構造)	・現状のSiC-MOSFETに比べ抵抗1/2以下の6.5kV耐圧のSiC-SJ※-MOSFET)	・6.5kV耐圧設計 SJ構造実証	・20μm以上 深溝埋込エピ技術<SJ> ・基板からの BPD変換エピ構造
			・20kV耐圧のSiC新規デバイス(PiN、IGBT) ・生産性、信頼性を満足したIGBT	・高耐圧実証(20kV以上) ・通電劣化メカニズム解明	・ 低BPD厚膜エピ技術 (0.1個/cm ² 以下@250μm) ・基板からの BPD変換エピ構造
	HVDC向けMMC電力変換器	・システム損失4.5% ・Si-IGBTモジュール変換器セル	・システム損失を1.0%以上低減 ・変換器セル(300kVA)の損失を現状の1/2以下	・システム損失1%低減の目途 ・半導体損失Si比50%、80%瞬低でも系統運転継続可能な制御方法を開発	・ MMC*変換器技術 ・HVDC連系制御方法の確立 ・SiCモジュール適用時の制御、動作安定化技術
	6.6kV連系用トランスレス電力変換器	・電力変換効率96% ・多重トランスが必要	・電力変換効率98.5%以上 ・多重トランスレス回路	・実証機詳細設計完、パワーユニット製作 ・特性実証(効率98.5%以上、5kHz)	・ MMC*変換器技術 ・トランスレス連系制御方法 ・SiCモジュール適用時の制御、動作安定化技術

BPD : 結晶欠陥

※Siのブレークスルー技術
(SJ: Super Junction)

*同じセルを直列に多数接続するブレークスルー技術。高耐圧化が容易でノイズが少ないが、制御が複雑 (MMC: Modular Multilevel Converter)

4. 主な開発項目の目標と成果(3/4)

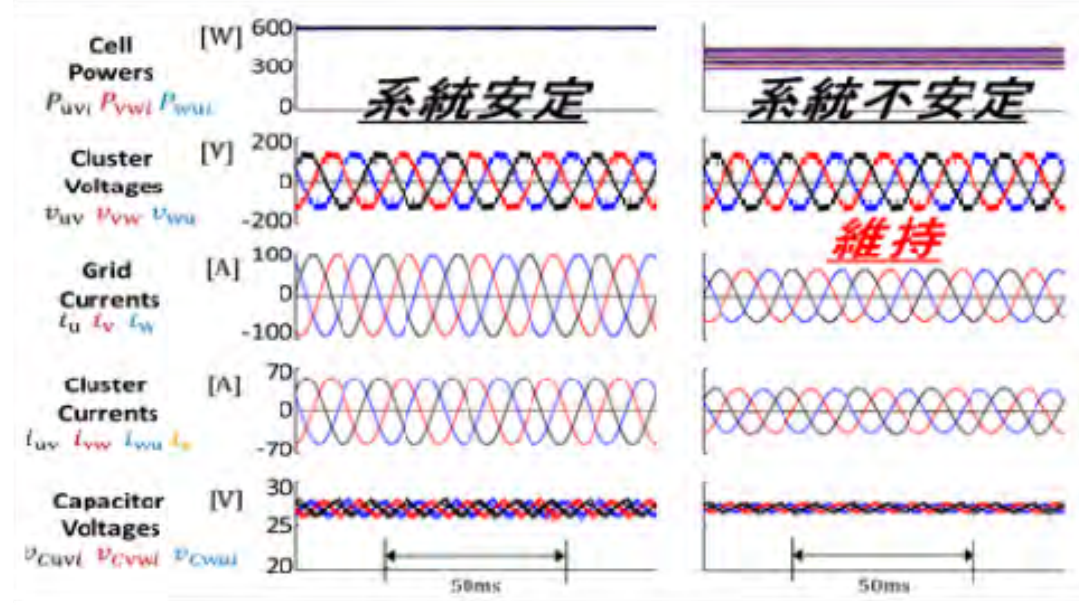
	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	達成度	ブレークスルー技術
電力 機器用 SiC パワー 技術	耐圧 6.5kV 以上の 高耐圧 デバイス	・耐圧6.5kV以下のSiC-MOSFET (プレーナ構造、 トレンチ構造)	・現状のSiC-MOSFET に比べ抵抗1/2以下の 6.5kV耐圧のSiC-SJ※- MOSFET)	・6.5kV耐圧設計 SJ構造実証	・20μm以上深溝埋込エピ 技術<SJ> ・基板からのBPD変換エピ 構造
			・20kV耐圧のSiC新規 デバイス(PiN、IGBT) ・生産性、信頼性を満足 したIGBT	・高耐圧実証 (20kV以上) ・通電劣化 メカニズム解明	・低BPD厚膜エピ技術 (0.1個/cm ² 以下 @250μm) ・基板からのBPD変換エピ 構造
電力 機器用 SiC パワー 技術	H け 力 系 入	On Resistance R _{on} (mΩcm ²)			方法の確 時の制 術 術 御方法 時の制 術

BPD : 結晶欠陥

※Siのブレークスルー技術
(SJ: Super Junction)

*同じセルを直列に多数接続するブレークスルー技術。高耐圧化が容易でノイズが少ないが、制御が複雑 (MMC: Modular Multilevel Converter)

4. 主な開発項目の目標と成果(4/4)

	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	達成度	ブレークスルー技術
電力 機器用 SiC パワーレ 技術	・制御機能検証ミニモデル実施中 ・三相バランスが崩れても安定動作する制御技術を開発   ミニモデル 検証装置 外観				
	6.6kV連 系用レン スレス電力 変換器	・電力変換効率 96% ・多重トランスが 必要	・電力変換効率98.5% 以上 ・多重トランスレス回路	・実証機詳細設計完、 パワーユニット製作 ・特性実証（効率 98.5%以上、5kHz）	・MMC*変換器技術 ・トランスレス連系制御方法 ・SiCモジュール適用時の制 御、動作安定化技術

自動車分野：最終成果イメージ例と出口戦略(1/2)

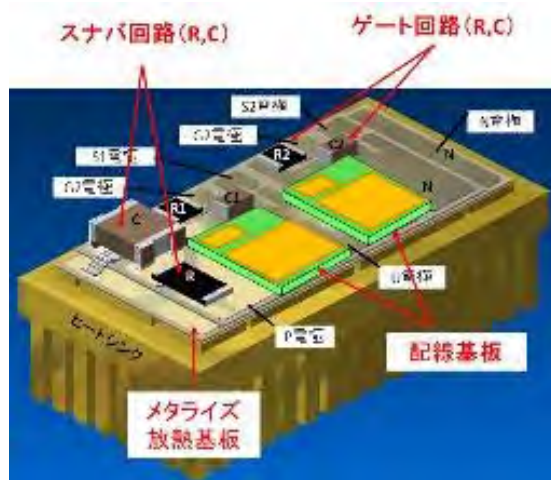
■高温・高電流密度動作受動素子内蔵小型パワーモジュール

高温・高電流密度動作受動素子内蔵小型パワーモジュールのメリット

5層構造放熱基板により、配線インダクタンス低減と、高耐熱受動部品一体化、至近配置による高速度動作。

出口戦略

1. 技術ブレークスルー(目標)：開発した高耐熱受動部品は社会実装へ
2. 1.2kV, 1kA/cm²出力、劣化メカニズム解明による加速試験条件確立



■EV用機電一体インホイールモータ

機電一体モータのメリット

1. 車室レイアウトの自由度が大幅に向上
2. 既存車体プラットフォーム共通化によるコストダウン。

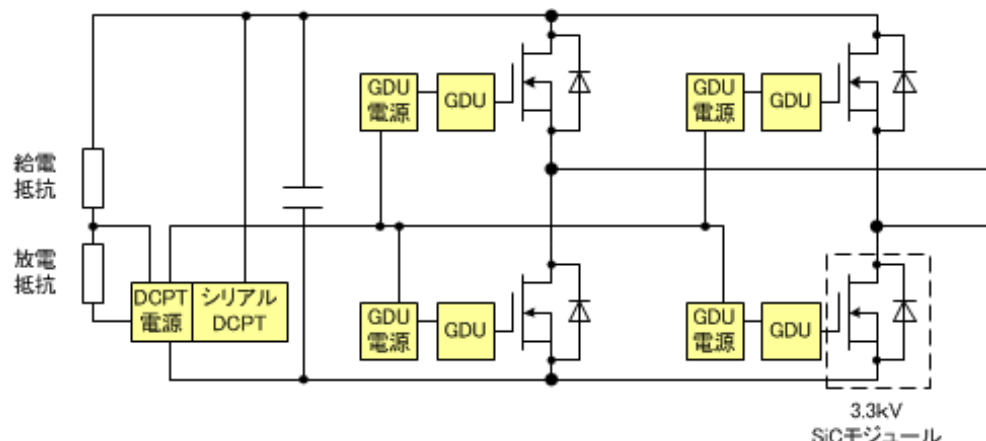
出口戦略

1. 技術ブレークスルー(目標)：5相機電一体空冷インホイールモータ
2. 汎用性(ユニット化)：40kW出力、超小型高温モジュール



電力機器分野：最終成果イメージ例と出口戦略(2/2)

■6.6kV連系用多重トランスレス電力変換器



MMCインバータ（セル）構成
（イメージ図）

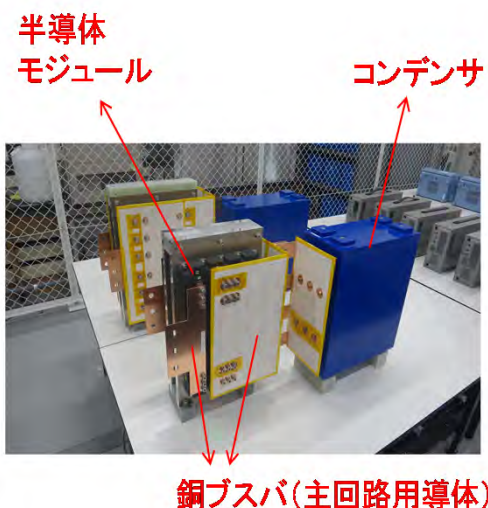
多重トランスレス変換器のメリット

1. 効率：96%（現行Si機）→98.5%以上
2. トランスレスによる小型化、軽量化

出口戦略

1. 技術ブレークスルー（目標）：三相バランス崩れても安定動作する制御開発
2. 普及・拡大：平成30年度に実証試験
3. 6.5kV高耐圧デバイス成果からの機能見積り

■HVDC向けMMC電力変換器



HVDC向けMMC電力変換器のメリット

- ・Siには出来ないシステム損失低減
- ・変換器セル（300kVA）の損失を現状の1/2以下

出口戦略

1. 技術ブレークスルー（目標）：SiC適用モジュールマルチレベル（MMC）変換器の開発
2. システム損失1%低減の目途と、系統運転継続可能な制御方法を開発し、ミニモデル実証

5. GaN共通基盤技術の出口戦略と課題・目標

高品質GaNウエハ開発による縦型GaNパワーデバイスの実証

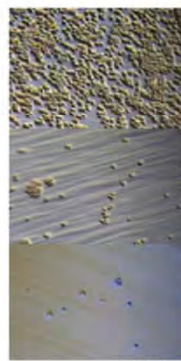
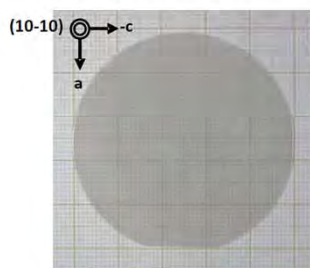
	項目	SIP前 (競争領域)	SIP目標 (協調領域)	達成度	ブレークスルー技術
GaN 縦型 パワー デバイス	ウエハ	・貫通転位欠陥密度が50万個/cm ² 以上	・貫通転位欠陥密度が1000個/cm ² 以下@4インチ	・貫通転位欠陥密度が1000個/cm ² 以下@2インチ	・アモノサーマル法
	デバイス	・理論に合わないI-V特性、ヒステリシス	・p形イオン注入技術 ・耐圧1.2kV以上、1mΩcm ² 以下、アンペア級	・コドープ注入でp形を確認 ・理論に合うI-V特性、移動度30-100cm ² /Vs	・MgとHとのコドープイオン注入をN極性(000-1)面に応用 ・表面・界面制御技術

ウエハ技術

デバイス技術

高品質・大面積・
低価格GaNウエハ開発

高品質2インチGaNウエハ



欠陥密度の変遷

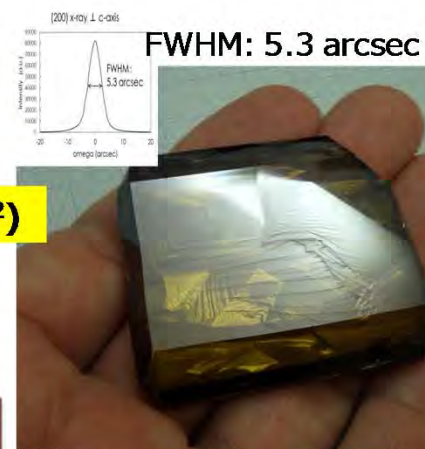
6.9 x 10⁵ 個/cm²
@SIP開始時

3.1 x 10⁴ 個/cm²
@2015.5

6.0 x 10³ 個/cm²
@2015.11

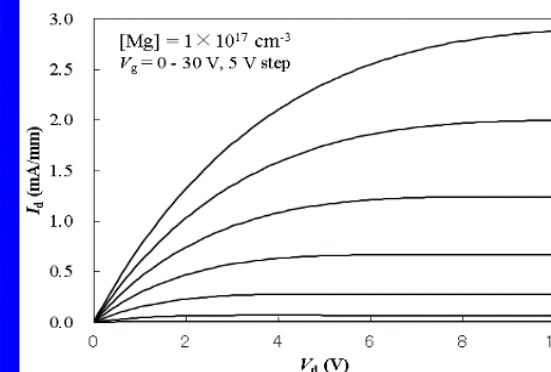
一部領域(0個/cm²)

2~5 x 10² 個/cm²
@2016.12



○横型MOSFETで、理論とあった
電圧・電流特性

○チャネル移動度30 ~ 100
cm²/Vs) を世界で初めて実証



6. まとめ

- ウエハでは、二種類の不純物を添加する**コドーブ**技術により、現状の半分以下の低抵抗・高品質を達成。
- デバイスでは、高電流密度動作時の**通電劣化メカニズム**を解明し、**再結合促進層技術**や**低BPD欠陥エピ技術**とともに、安定に高電流密度動作や同期整流できる技術を開発し、従来必要であったモジュールの並列ダイオードを不要にして、主回路の簡略化、モジュールの小型化、低コスト化の目処を得た。
- モジュールでは、高温動作、高周波動作可能な**受動素子**を開発し、信頼性試験が順調に完了し、従来のモジュールの約 1 / 3 まで小型化できた次世代SiC高温・高速モジュールの試作品が完成し、信頼性試験を開始した。
- 機器・回路では、工場内の大型電力変換器からトランスを無くして従来の 1 / 4 まで小型化や高効率化できる、**MMC技術**を用いた6.6kV連系用トランスレス電力変換器のミニモデルが完成し、最終年度の模擬系統連系実証試験に向けた試験を重ねている。
- GaNでは、ウエハは高品質化の基本技術も固まり、**コドーブp形イオン注入**技術開発等を通じて、縦型パワーデバイスの可能性検証から高性能化に目標を上げ、全体に前倒した。
- Ga_2O_3 、ダイヤは超高耐圧低損失パワーデバイスを目指し、必要な課題を明確化した。また新回路技術では、有限の電源を前提とした電力の演算が可能となるパワープロセッシング技術の実現を目指している。