

戦略的省エネルギー技術革新プログラム
フェーズ名：インキュベーション研究開発＋実用化開発

コランダム構造酸化ガリウム α -Ga₂O₃を用いた 600V耐圧SBDの開発

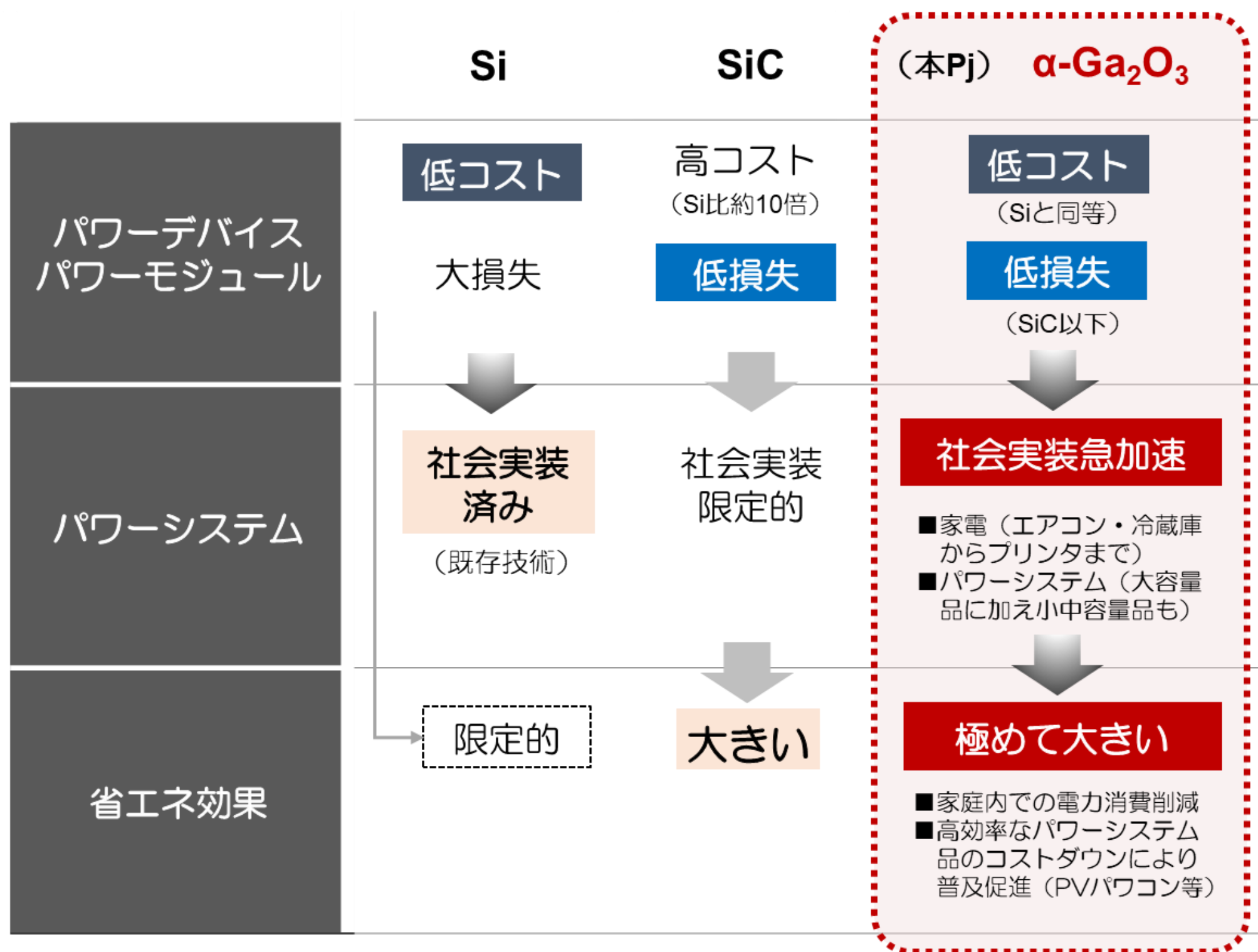
プロジェクト実施者：株式会社F L O S F I A

プロジェクト実施期間： 2016年8月～2020年2月



1-1.研究開発の背景： α -Ga₂O₃パワーデバイスの省エネ効果

「SiCを超える性能をSiなみの低コストで作る」ことで社会実装を急加速して極めて大きな省エネ効果を実現する

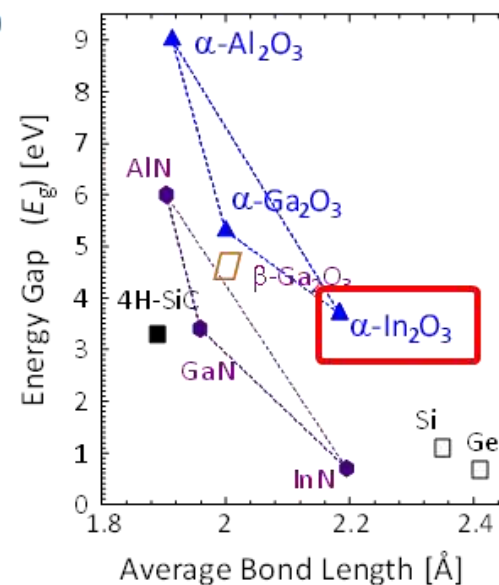


1-1.研究開発の背景：酸化ガリウム Ga_2O_3 の性能指数

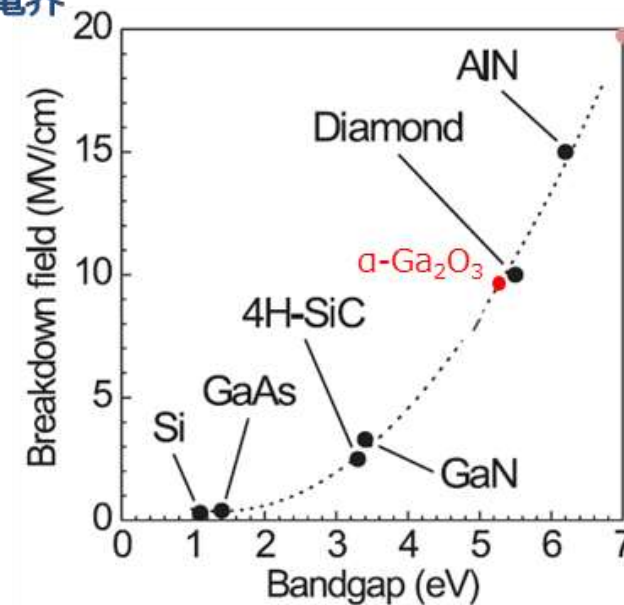
$\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ はダイヤモンドなみの絶縁破壊電界強度が推定され、性能指数はSiの6700倍、SiCの20倍に達する

材料名	Si	4H-SiC	GaN	$\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (β ガリア構造)	$\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (コランダム構造)
バンドギャップ E_g (eV)	1.1	3.3	3.4	4.5	5.3
移動度 μ (cm^2/Vs)	1,400	1,000	1,200	300	300 (推定)
絶縁破壊電界 E_c (MV/cm)	0.3	2.5	3.3	7	10 (推定)
比誘電率 (MV/cm)	11.6	9.7	9.0	10	10 (推定)
バリガ 性能指数 Si = 1	1	340	870	2,307	6,726 (推定)
	1	50	104	117	238 (推定)

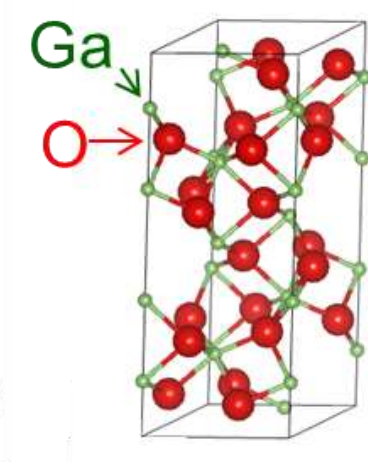
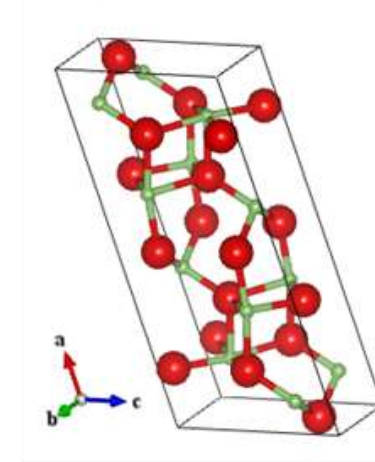
バンドギャップ
(E_g)



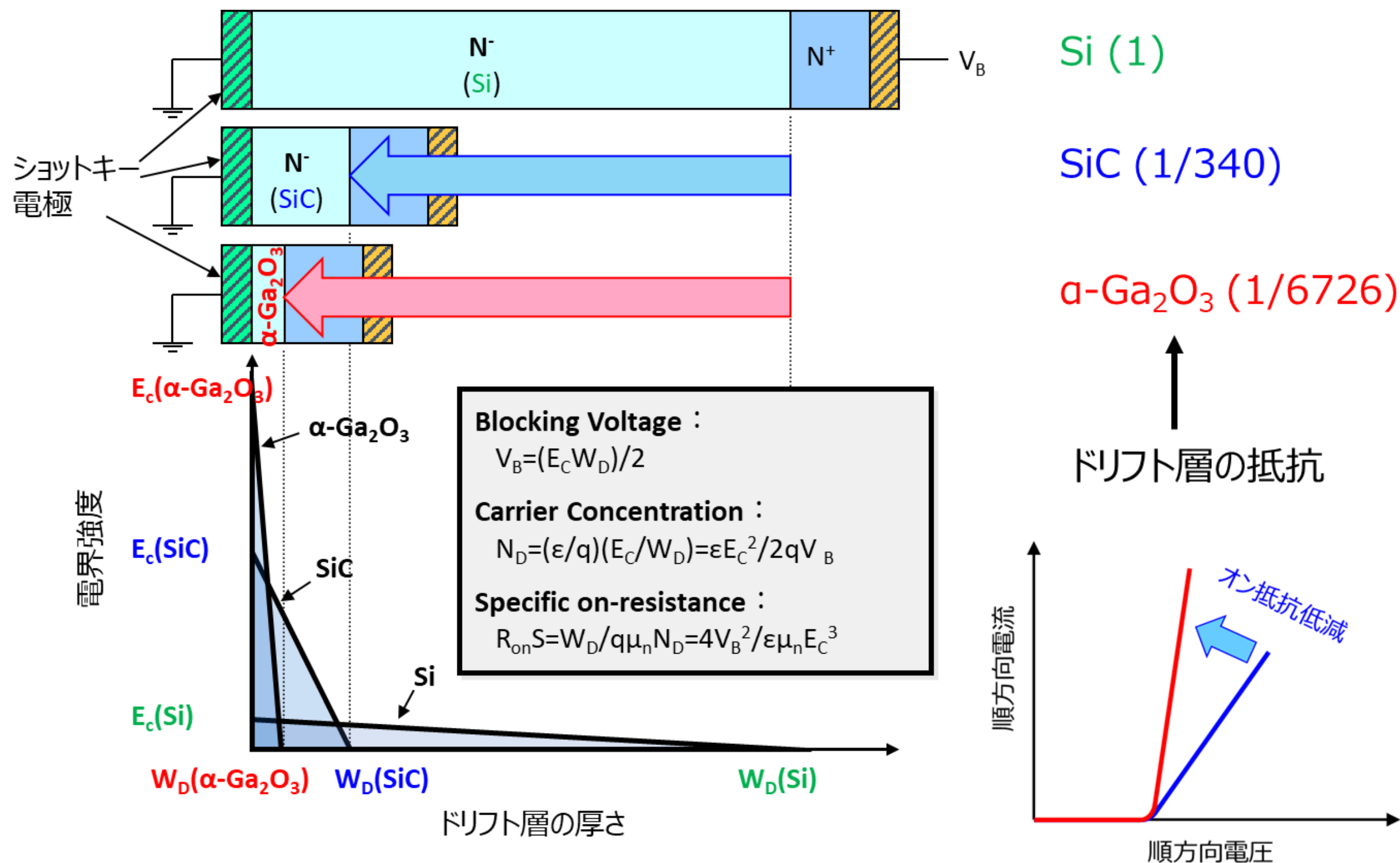
絶縁破壊電界
(E_c)



20倍

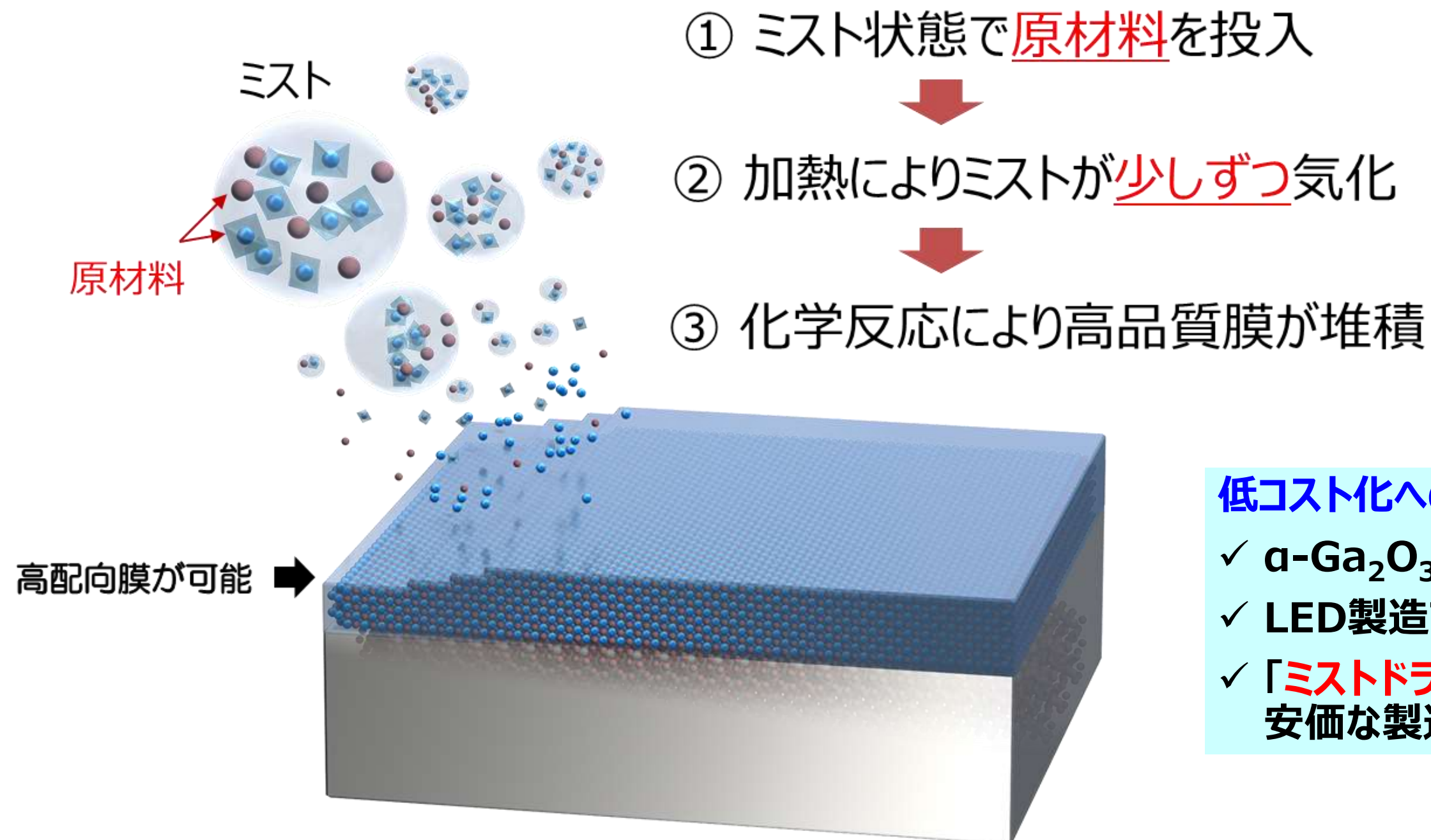


ドリフト層の厚さ： $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ は SiC の1/4, Si の1/30 $\rightarrow$ ドリフト層の抵抗は劇的に低減



液体原料を霧状（ミスト）にして輸送し、非真空プロセスで成膜する方法

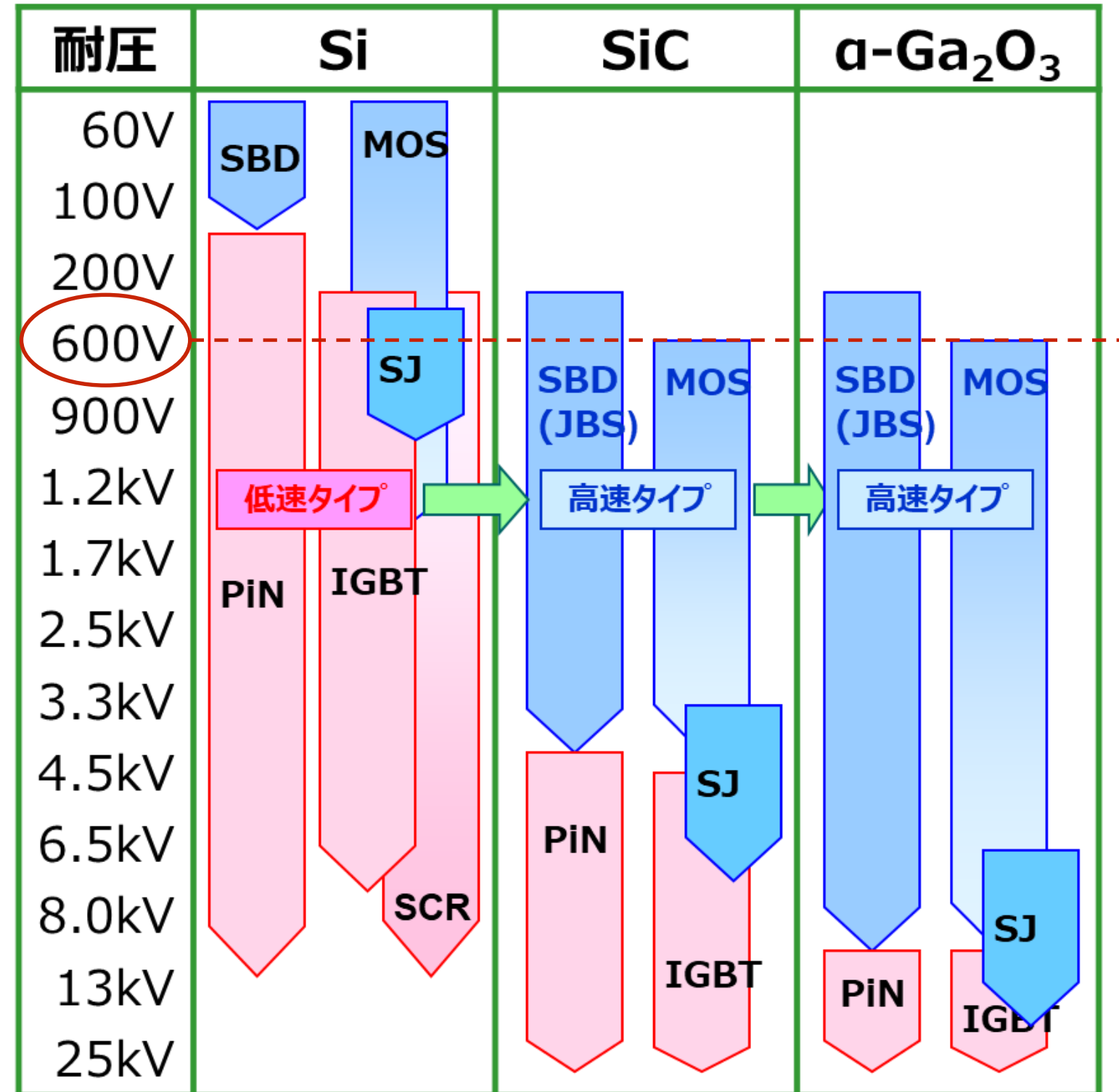
ミストドライ®法 (MIST EPITAXY®法含む)



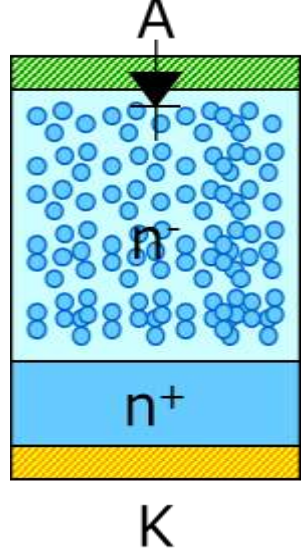
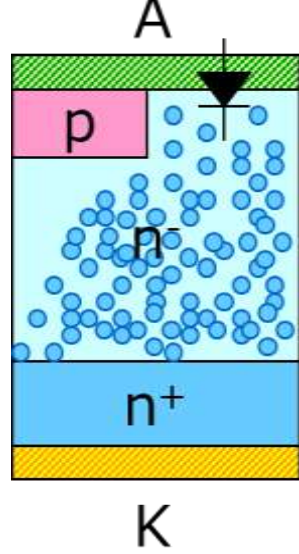
低コスト化へのアプローチ：

- ✓ α -Ga₂O₃によるチップ面積の小型化
- ✓ LED製造で普及しているサファイア基板の利用
- ✓ 「ミストドライ®法」による真空を用いない安価な製造プロセス

最初のデバイスは出発点である**耐圧600V**に設定



製造が容易な**SBD**から始めて、低オン電圧化が可能な**JBS**へ移行

	SBD	JBS
フェーズ	インキュベーション 研究開発	実用化開発
素子構造		
リーク電流	△ (大)	○ (小)
立上電圧	△ (大)	○ (小)
特徴	製造が容易	微細化必要
用途	狭い (電源)	広い (電源・インバータ)

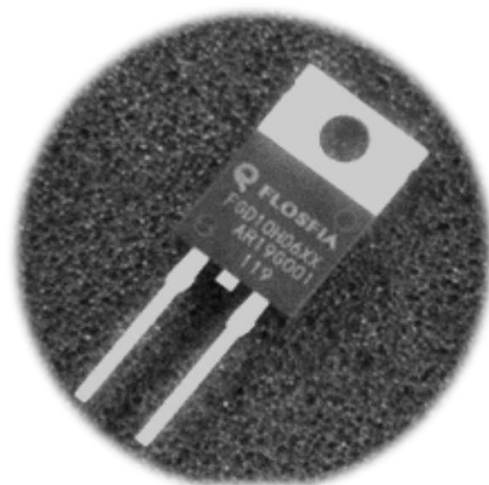
SBD: Schottky Barrier Diode

JBS: Junction Barrier Controlled Schottky Diode

(株) FLOSFIA

④ 低オン電圧化SBDの大電流化

- ④-1 要素技術開発 ←
- ④-2 低オン電圧化SBD試作・評価
- ④-3 実装方法確立
- ④-4 信頼性確立



京都大学

④-1-2 高品質・高均一p型エピ層の開発

佐賀大学

④-1-1 高品質・高均一n型エピ層の開発

福井大学

④-1-3 高均一SBD界面の開発

(株) デンソー

④-1-1 高品質・高均一n型エピ層の開発

		2025年【参考値】		2030年	
		国内	国外	国内	国外
指標A（効果量）		エアコン：2.7L/台・年 PVパワコン：30L/台・年			
指標B（導入量）	エアコン	120万台	480万台	1,500万台	6,000万台
	PVパワコン	90万台	360万台	300万台	1,200万台
省エネルギー効果量（万kL/年）		5.7万kL	22.8万kL	22.1万kL	88.4万kL

※ 波及効果（今回カウント外）

① **エアコン以外の家電**、車載以外のモータ駆動、UPS、PFC、高電圧領域（船、風力発電）への広がりも期待できる

② Ga₂O₃開発のアクセルになり、FETも含めて**車載**へのGa₂O₃デバイス採用が進めば極めて大きな省エネルギー効果



車載搭載による省エネ効果

240万kL	960万kL
---------------	--------

200 ℓ /台・年×累積1200万台
 （2025年以降200万台/年と仮定）
 燃費は10%改善すると仮定

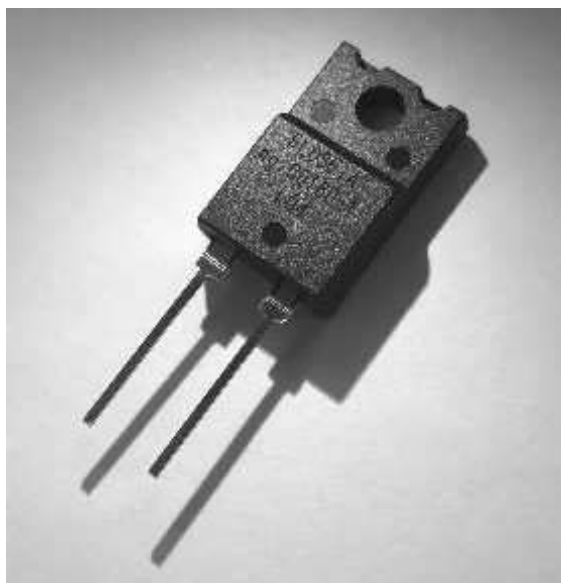
極薄(10μm以下)の酸化ガリウム薄膜を金属支持基板に接合することでSiCの3倍の放熱性を実現

熱抵抗の低減

- ・極薄の酸化ガリウム（ Ga_2O_3 半導体層）を活用
10μm以下の薄膜で熱抵抗は最小限
- ・金属支持材料を活用
良好な放熱性、低抵抗、ハンドリング容易
熱膨張率は Ga_2O_3 と同等で信頼性が高い
SiC基板より安価

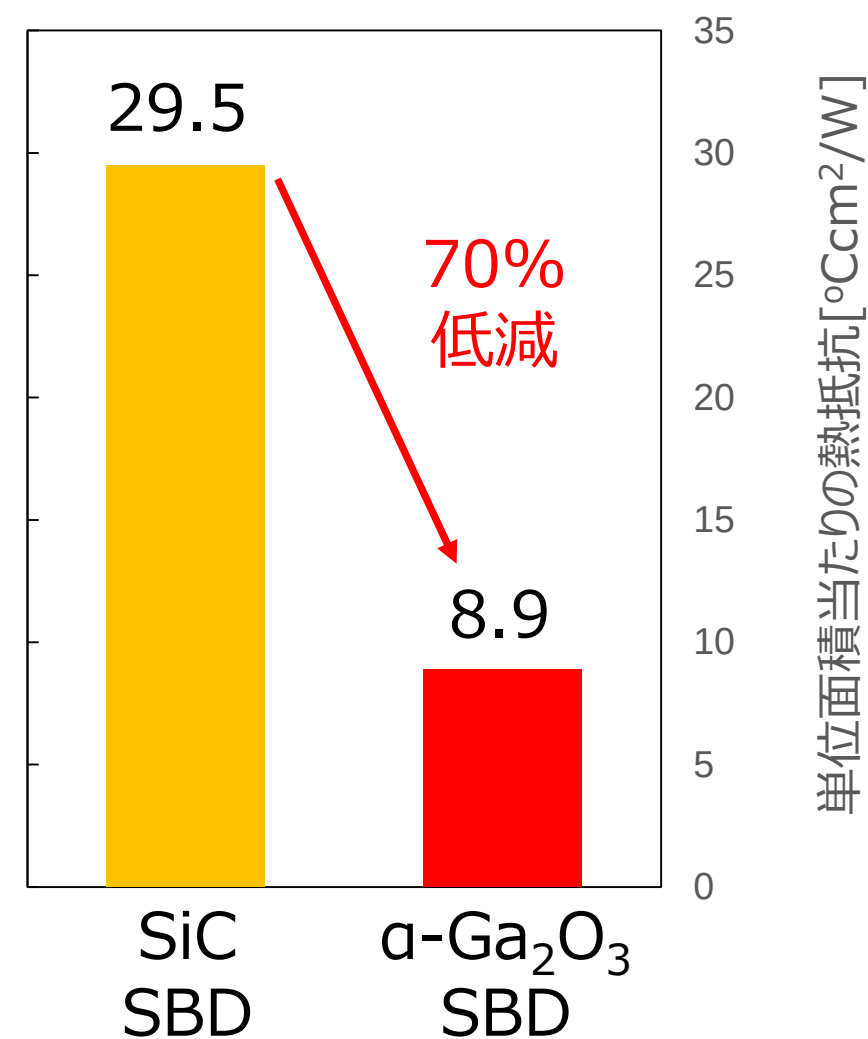


チップ構造概略図



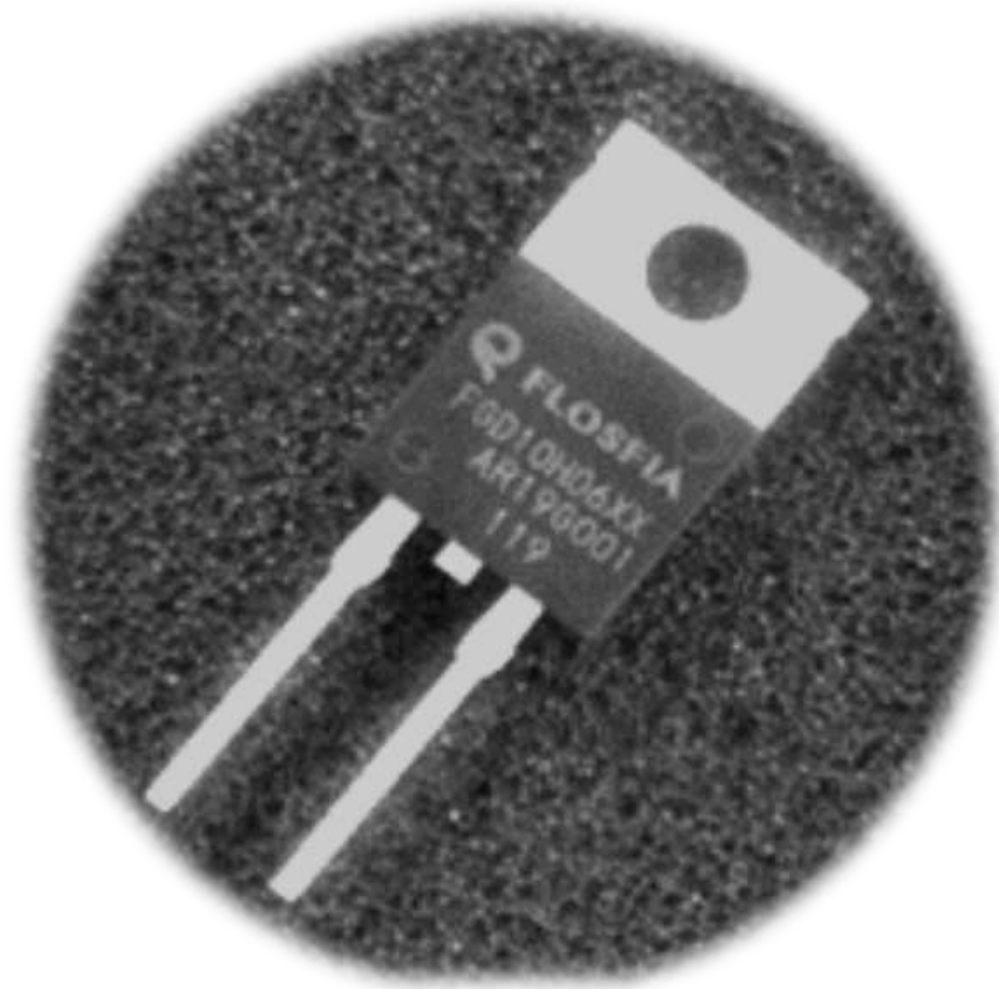
TO220実装

- ・熱抵抗はSiCより70%低減



単位面積当たりの熱抵抗

インキュベーション研究開発の成果を活用した
GaO[®] SBD（第一世代SBD）



2020年中に量産開始予定

搭載

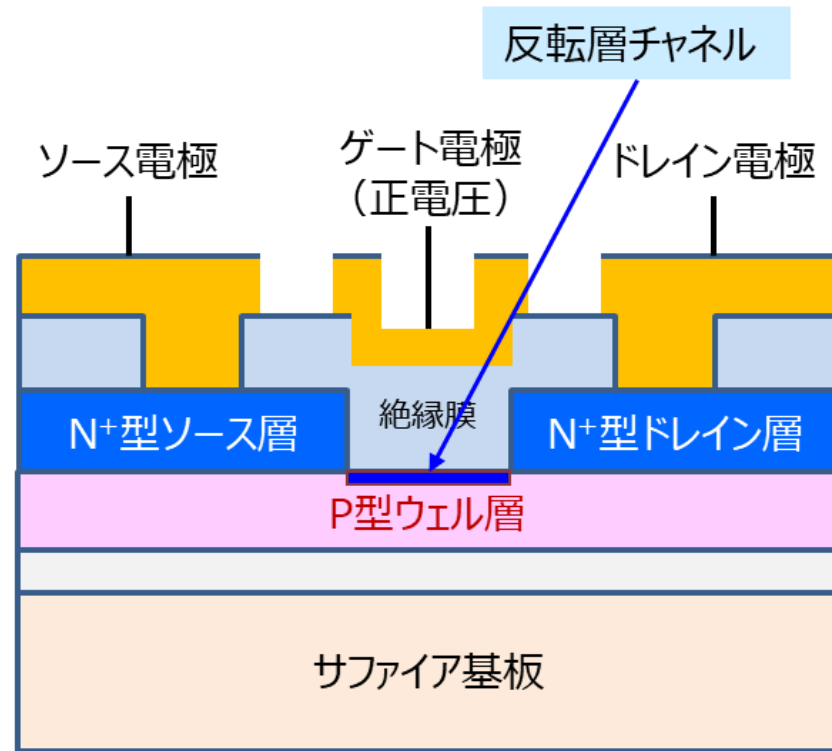


世界初の「酸化ガリウムパワーデバイス」
GaO[®] SBD 搭載評価用ボード 販売開始



2020年6月より販売中

本研究開発で開発したSBD・JBSの技術を土台として、スイッチング素子（**パワーMOSFET**）の開発にも取組中



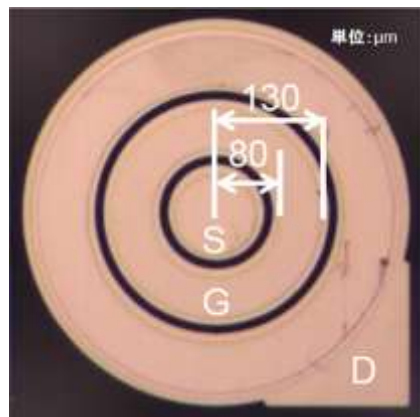
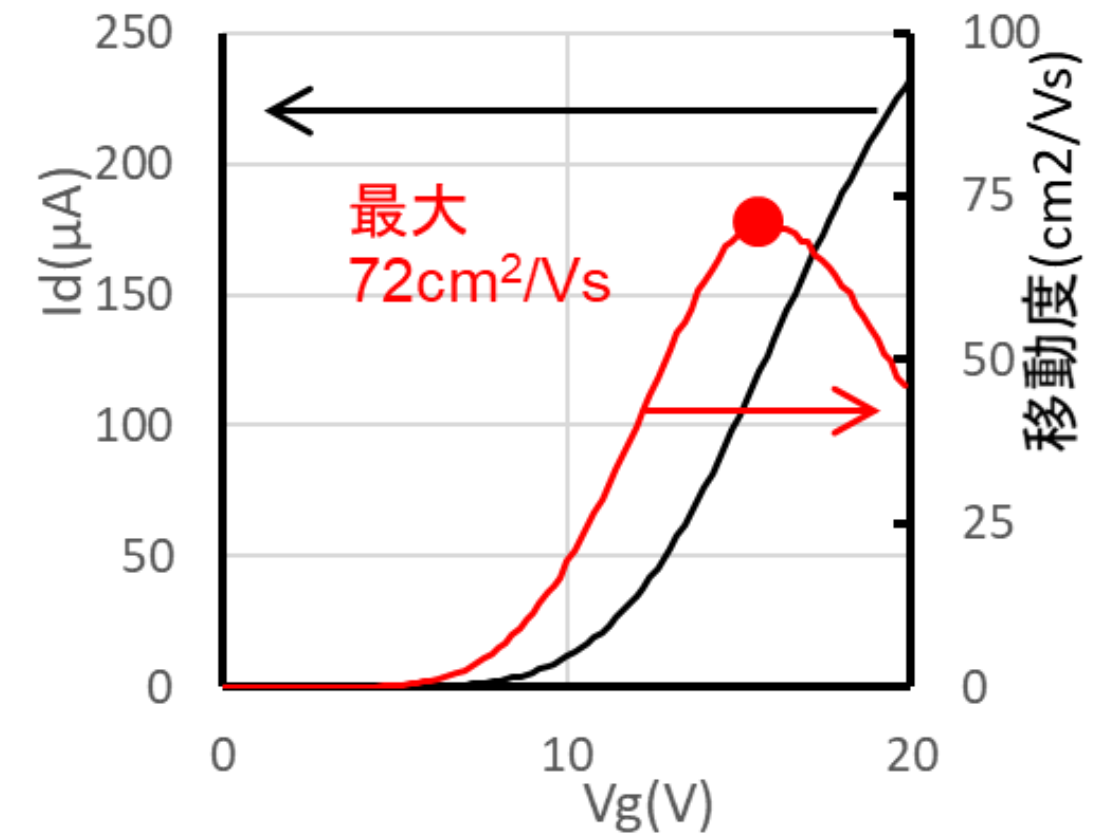
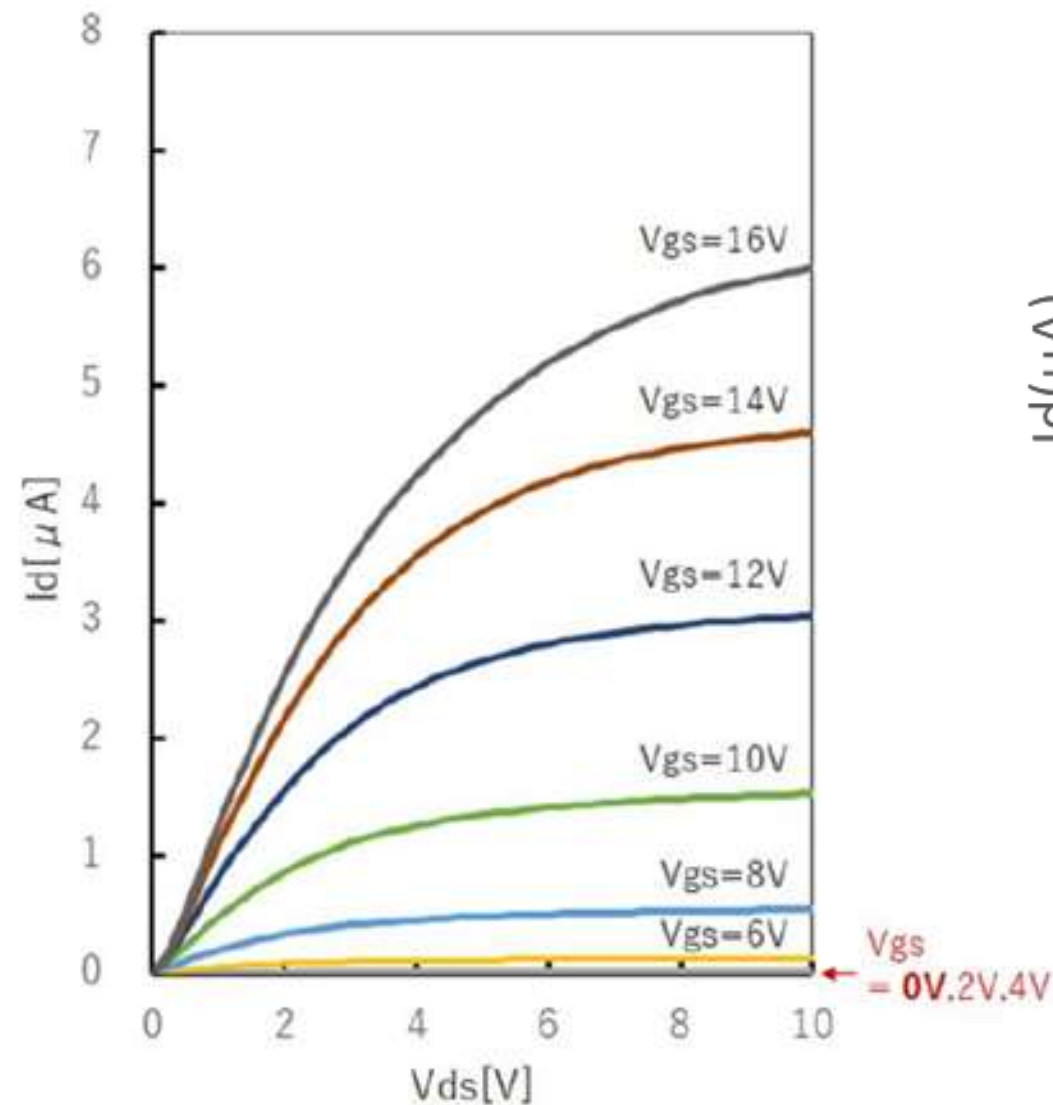
試作した横型MOSFET

2018年7月 プレスリリース

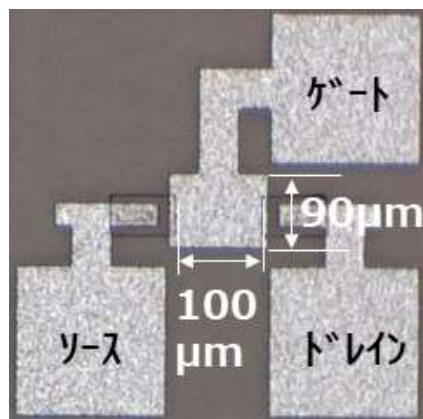
- ・酸化ガリウムで初めてMOSFETのノーマリオフ動作を実証
- ・新規p型半導体層を用いて反転層チャネルを形成

2019年12月 プレスリリース

- ・MOSチャネル移動度の大幅増加に成功!
- ・市販SiC-MOSの2倍以上のチャネル移動度 $72\text{cm}^2/\text{Vs}$ を達成



2018年試作



2019年試作