

研究開発内容：

再生可能エネルギーなどの不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能で、新 WBG チップの優れた特性を極限まで発揮でき、低コストで高い機能性、汎用性に富む USPM 開発が必要となる。このため、以下の要素技術開発を行う。

- 1) 低インダクタンス化のための微細配線・立体配線実装技術の開発
- 2) 高パワー密度化のための熱抵抗低減および高放熱冷却技術の開発
- 3) ゲートドライブユニット、デジタルコントローラーとの親和性技術の開発

➤ 新WBG（小型）チップ実装技術

⇒ 新WBGチップは1mm×1mm程度の小型チップの可能性も高い。
100A程度の電流定格を実現するために、微細電極となる小型チップを複数個
並列接続できる微細配線技術 **“バンブ技術と直接接合技術”**を応用し、
高密度実装を実現

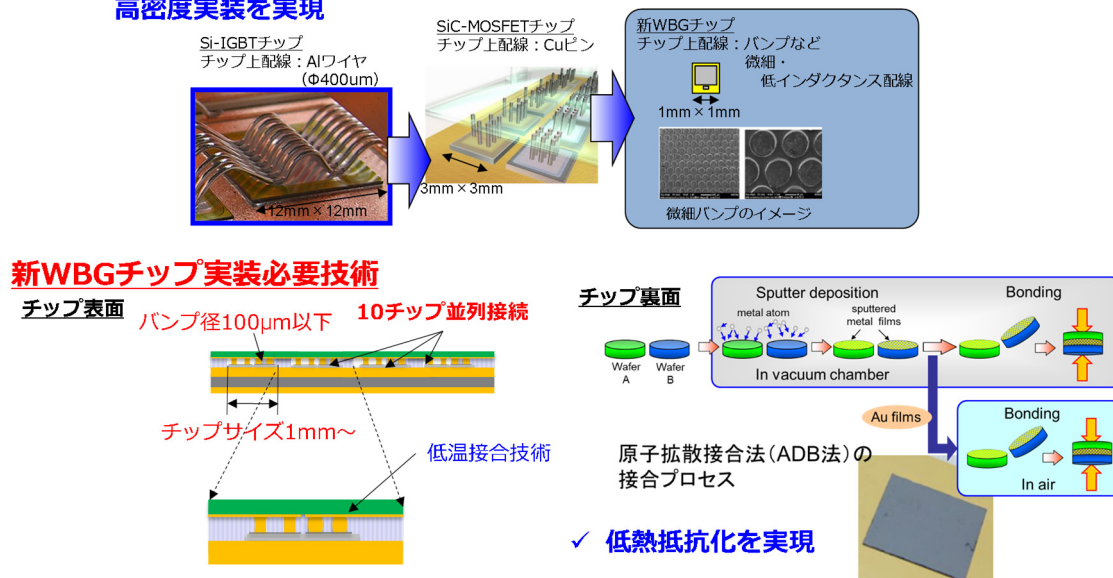


図 2-7 サブテーマ B-① (2)の概要

＜開発テーマ1＞ コア・パワーモジュールの開発

参画機関：

富士電機株式会社

研究開発内容：

各テーマで構築した技術を適用し、WGB デバイスの優れた特性を極限まで発揮させ、Tj 200℃対応かつ従来比 150%の高パワー密度を達成するモジュールの開発

＜開発テーマ2＞ 超高熱伝導・高信頼性回路基板の開発

参画機関：

デンカ株式会社

研究開発内容：

絶縁放熱材料(高熱伝導窒化珪素基板、窒化アルミニウム多層基板、高熱伝導樹脂絶縁層)をベースとした超高熱伝導・高信頼性の絶縁回路基板の開発

＜開発テーマ3＞ 超高放熱冷却システムの研究開発

参画機関：

日本軽金属株式会社

研究開発内容：

フィン形状、等に工夫をすることで低熱抵抗を実現する冷却装置の開発

＜開発テーマ4＞ チップ直接接合技術の開発

参画機関：

東北大学

研究開発内容：

チップ下接合に接合材料を介さない直接接合技術の開発

＜開発テーマ5＞ チップ表面電極技術の開発

参画機関：

明星大学

研究開発内容：

小型チップに対応した、バンプ径約 100 μm での微細接合・立体配線実装技術の開発

＜開発テーマ6＞ モジュール/冷却装置接続技術および最適化設計技術の開発

参画機関：

早稲田大学

研究開発内容：

液相焼結材などによる 200℃以下での実装技術の開発

＜開発テーマ7＞ GDU／デジタルコントローラとの接続親和性技術の開発

参画機関：

早稲田大学

研究開発内容：

最適設計技術を用いた低インダクタンスを実現する配線技術の開発

体制：

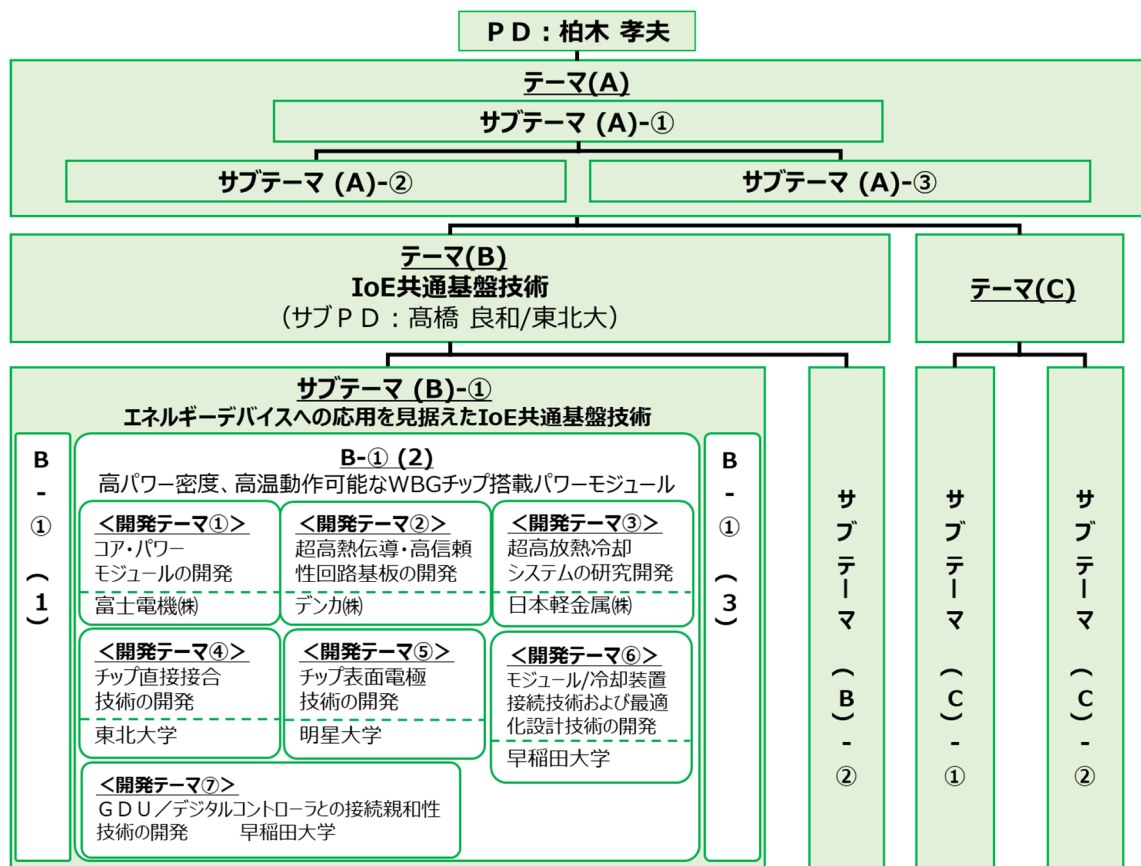


図 2-8 サブテーマ(B)-① (2)の推進体制

目標：

【中間目標】(2020 年度末時点)

＜開発テーマ1＞

- ・ 高温動作：Tj 200℃対応(初期評価で問題なきこと)
- ・ パワー密度：130%以上(従来比)

＜開発テーマ2＞

- ・ 絶縁体圧：600V 以上(基板単体)
- ・ 耐ヒートサイクル性：500 cyc.(基板単体)
- ・ 絶縁回路基盤の高放熱化：熱抵抗、従来比 50%低減(基板単体)

＜開発テーマ3＞

- ・ 冷却システムの高放熱化：熱抵抗、従来比 18%低減

＜開発テーマ4＞

- ・ 接合技術開発/チップ下接合部の低熱抵抗化
：表面粗さ 5nm 程度の金属表面に半導体チップを高強度に接合

＜開発テーマ5＞

- ・ チップ上配線技術の確立：複数チップの並列接続(チップサイズ：3mm×3mm、パンプ接続)

<開発テーマ6>

- ・ モジュール/冷却装置の間の低熱抵抗化 : 熱抵抗、従来比 18%低減
- ・ 接合温度 : 230℃以下
- ・ 耐ヒートサイクル性 : 300 cyc.

<開発テーマ7>

- ・ 内部配線インダクタンスの最小化(機械特性と電気的特性の最適化設計による) : 15nH 以下

【最終目標】(2022 年度末時点)

<開発テーマ1>

- ・ 高温動作 : Tj 200℃対応(信頼性評価で問題なきこと)
- ・ パワー密度 : 150%以上(従来比)

<開発テーマ2>

- ・ 絶縁体圧 : 1200V 以上
- ・ 耐ヒートサイクル性 : 500 cyc.
- ・ 絶縁回路基盤の高放熱化 : 熱抵抗、従来比 70%低減

<開発テーマ3>

- ・ 冷却システムの高放熱化 : 熱抵抗、従来比 35%低減

<開発テーマ4>

- ・ 接合技術開発 : 200℃高温動作
- ・ チップ下接合部の低熱抵抗化 : 熱抵抗、従来比 90%低減

<開発テーマ5>

- ・ チップ上配線技術の確立 : 10 チップの並列接続(チップサイズ : 1mm×1mm、
バンプ径 : 100 μm 以下)

<開発テーマ6>

- ・ モジュール/冷却装置の間の低熱抵抗化 : 熱抵抗、従来比 35%低減
- ・ 接合温度 : 200℃以下
- ・ 耐ヒートサイクル性 : 500 cyc.

<開発テーマ7>

- ・ 内部配線インダクタンスの最小化(機械特性と電気的特性の最適化設計による) : 10nH 以下

B-① (3) : コランダム構造酸化ガリウムを用いたパワーMOSFET の開発

研究責任者 :

四戸 孝(株式会社 FLOSFIA 取締役 CTO)

参画機関 :

株式会社 FLOSFIA、京都大学、熊本大学、株式会社 MIRISE Technologies

関係府省庁 :

内閣府、文部科学省、経済産業省

研究開発内容 :

コランダム構造酸化ガリウム (α -Ga₂O₃)を用いて耐圧 1,200V以上のパワーMOSFET を開発する。

ダイオードの基盤技術をもとにプレーナゲート縦型MOSFETを開発

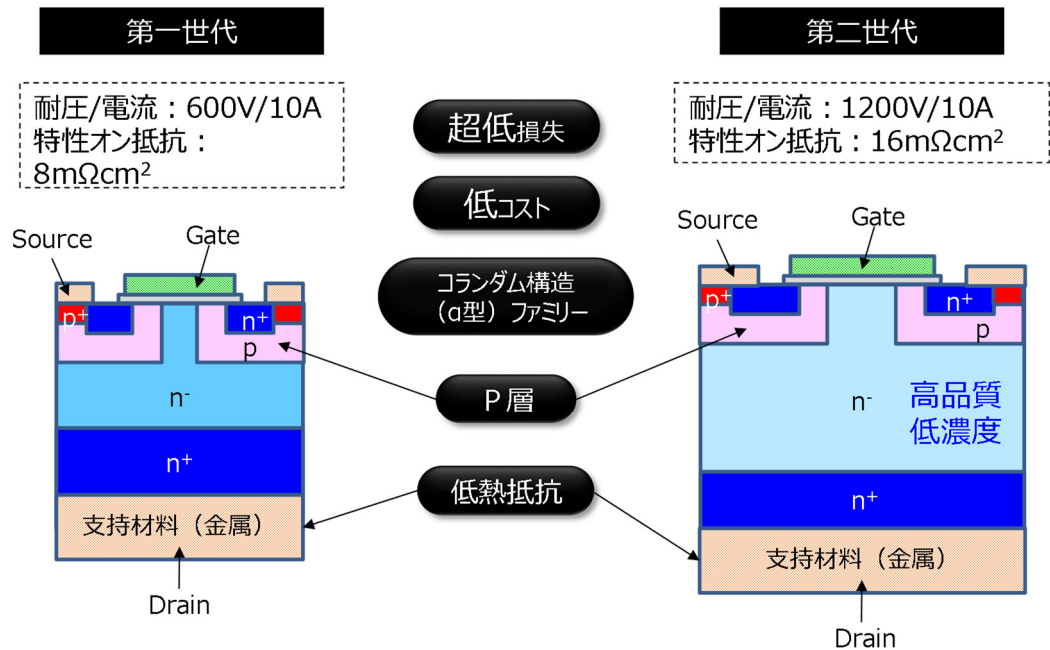


図 2-9 サブテーマ B-① (3)の概要

<開発テーマ1> 要素技術開発

参画機関：

株式会社 FLOSFIA、京都大学、株式会社 MIRISE Technologies、熊本大学

研究開発内容：

- (i) p ウェル層の開発
- (ii) 電子物性の解析・制御
- (iii) 結晶構造解析・キャラクタリゼーション
- (iv) ゲート絶縁膜の開発
- (v) 結晶欠陥腫と電気特性との相関把握
- (vi) MOS 界面制御技術開発
- (vii) MOS 界面評価
- (viii) オーミック電極開発
- (ix) プロセス要素技術開発

<開発テーマ2> MOSFET 試作・評価

参画機関：

株式会社 FLOSFIA

研究開発内容：

- (i) 耐圧 600V 級プレーナゲート構造の試作・評価
- (ii) 耐圧 1,200V 級トレンチゲート構造の試作・評価

<開発テーマ3> 応用基礎評価

参画機関：

株式会社 FLOSFIA

研究開発内容：

- (i) 素子シミュレーション技術開発
- (ii) 動特性評価
- (iii) 組合せ試験

体制：

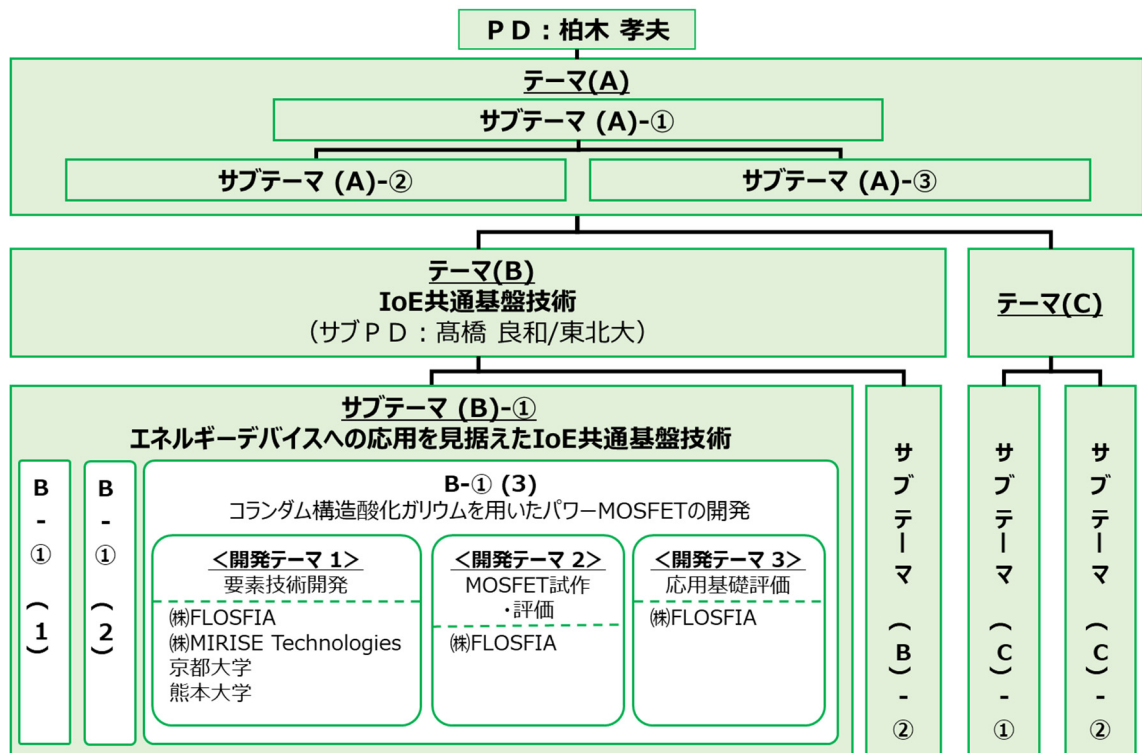


図 2-10 サブテーマ(B)-① (3)の推進体制

目標：

【中間目標】(2020 年度末時点)

プレーナゲート構造縦型パワーMOSFET で以下の目標を達成する。

- ・ 耐圧：600V
- ・ 電流容量：10A
- ・ 特性オン抵抗：20mΩcm²

【最終目標】(2022 年度末時点)

プレーナゲート構造縦型パワーMOSFET で以下の目標を達成する。

- ・ 耐圧：1,200V
- ・ 電流容量：10A
- ・ 特性オン抵抗：16mΩcm²