

1. 件名：プログラム名 省エネルギー技術開発プログラム／高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム

(大項目) パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発

2. 背景及び目的

(1) 背景及び目的

情報家電の普及や通信需要の拡大に対処する電気エネルギーの高効率利用の実現、及びハイブリッド自動車や産業用の様々なモータ制御、家電製品の電源制御など、我が国の重要産業の国際競争力強化と省エネルギーを図るためには、その基盤となるパワーエレクトロニクスの研究開発が必要である。また、経済産業省が発表した新産業創造戦略(平成17年5月)において、我が国の産業競争力強化のために注力すべき分野として、環境・エネルギー機器が挙げられており、パワーエレクトロニクス機器には、一層の低消費電力化・小型化が求められている。本プロジェクトでは、自動車・家電製品等の低消費電力化実現に不可欠な炭化ケイ素(SiC)等を用いたパワーエレクトロニクスインバータ基盤技術を平成20年度までに確立し、我が国の関連産業の国際競争力強化と省エネルギーに資することを目的として高度情報通信機器・デバイス基盤プログラムおよび省エネルギー技術開発プログラムの一環として実施する。

低損失・高密度パワーエレクトロニクス機器を実用化するためには、SiCスイッチング素子技術を用いて、低損失・高密度インバータ技術開発を行うことが必要である。すなわち具体的な適用製品を想定して、従来のSiスイッチング素子を高性能SiCスイッチング素子に置き換えてインバータに用いるための回路設計技術、ノイズ対策や熱設計などのSiCスイッチング素子実装に伴う課題等を解決していく必要がある。一方、革新的な超低損失・高密度インバータを実現するために、SiCスイッチング素子の大容量化・信頼性向上・低損失化等のSiC材料のポテンシャルを最大限活用した高度化が求められる。これらの技術開発のためには素子特性評価とSiCウェハ評価を多面的に結びつけ、SiC単結晶ウェハおよびエピタキシャル製膜技術へフィードバックすることが不可欠である。さらに、高度化SiCスイッチング素子の性能を最大限活用したインバータ高パワー密度化に関わる設計技術・高速制御技術・高温実装技術等の基盤技術開発が必要である。

(2) 実施項目

本プロジェクトでは、これらの要請を具現化して、SiCスイッチング素子を用いたパワーエレクトロニクスインバータ基盤技術を確立することを目的とする。

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について研究開発を実施する。

- ①高効率・高密度インバータユニット技術開発
- ②高効率・高密度インバータ革新的高度化基盤技術開発

(3) 目標

具体的な製品応用を想定したSiCを用いた低損失インバータユニットを試作し、電力変換損失を同一定格のSiインバータユニットの30%以下に低減する。

また、SiC材料のポテンシャルを最大限活用した革新的な超低損失・高密度インバータを実現するために、SiCスイッチング素子の大容量化・信頼性向上・低損失化等の性能高度化や、インバータ設計・高速制御・高温実装等に関わる基盤技術を確立する。

3. 実施内容及び進捗状況

独立行政法人産業技術総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター長 荒井和雄をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を平成18年度に実施した。実施体制については、別紙参照のこと。

(1) 研究開発項目①高効率・高密度インバータユニット技術開発 担当：三菱電機株式会社
インバータユニットを構成する基本要素デバイスであるSiCスイッチング素子(MOSFET)とダイオード素子(SBD)の開発を主に18年度に実施した。MOSFETのオン抵抗低減に向け、セルの微細化検討を実施した。パワーデバイスとしての安全動作の評価の一環としてMOSFETの短絡耐量を評価した。スイッチング損失低減に向けて駆動方式を検討し、ゲートドライバー回路の設計、試作を行った。SBDとMOSFETチップを試作し、それらを組み合わせたモジュールにおいてスイッチング特性を評価した。

(2) 研究開発項目②高効率・高密度インバータ革新的高度化基盤技術開発 担当：独立行政法人産業技術総合研究所／財団法人新機能素子研究開発協会
SiCパワー素子のポテンシャルを最大限活用した革新的な超低損失高密度インバータを実現するために、SiCを用いたダイオード素子・スイッチング素子の大容量化・信頼性向上・低損失化等の性能高度化が必要である。以下の3項目を設定し研究開発を実施した。

1) インバータ大容量化基盤技術の研究
2インチSiC基板上の各種素子構造の特性マッピングを行う作製・評価プロセスを確立すると共に、種々の高度評価法によるSiC基板欠陥評価方法を開発した。

2) インバータ信頼性向上基盤技術の研究
欠陥密度自動算出技術や転位欠陥上の酸化膜構造解析技術を含め、2インチSiC基板上の各種サイズのゲート酸化膜信頼性評価素子の作製・評価技術を開発した。

3) インバータ高パワー密度化基盤技術の研究
世界最高の $1.8\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ の低損失MOSFET性能を実証し、次世代インバータ開発の早期実用化を加速するため、低オン抵抗化、及び試作効率化のために必要な微細加工プロセスの確立と、試作デバイスによるインバータ基本回路を試作して各種パラメータの抽出とその等価回路モデル化を行うと共に、高出力性能の評価を可能とするインバータ動作評価環境を整備した。

(3) プロジェクト全体での一体的なSiC調達管理 担当：財団法人新機能素子研究開発協会
ウェハ品質評価管理室において、プロジェクト全体での一体的なSiCウェハ調達管理を行い、系統的なデータ・集積管理を実施した。

実績額推移(百万円) : 平成18年
①石特会計(エネ高) 2,068

特許出願件数 1
論文・学会発表数 18
フォーラム・新聞発表等件数 1

4. 事業内容

平成19年度は、以下の研究開発を実施する。

(1) 研究開発項目①高効率・高密度インバータユニット技術開発 担当：三菱電機株式会社
SiC-MOSFETとSiC-SBDを用いた30A級のモジュールを試作し、限界特性の評価を実施する。SiCモジュールを用いたkW級インバータの試験を行い、損失評価法の確立、損失低減見極めを実施する。これらの知見を元に出力容量(14kVA)の3相インバータユニットにおいて同定格Siインバータ比で損失30%以下を達成するための条件(素子特性、駆動条件、インバータユニット構造等)を明らかにし、その見通しを明確にする。

(2) 研究開発項目②高効率・高密度インバータ革新的高度化基盤技術開発

担当：独立行政法人産業技術総合研究所／財団法人新機能素子研究開発協会

1) インバータ大容量化基盤技術の研究

様々な欠陥が存在する2インチSiC基板上の各種素子特性の基板面内マッピングを行う。開発整備した評価法を駆使して基板中の結晶欠陥を評価し、素子特性との相関付けを系統的に行うことにより、結晶欠陥が素子特性を劣化させるメカニズムを解明すると共に電流量数10A/チップの性能を達成する条件を明らかにする。

2) インバータ信頼性向上基盤技術の研究

開発したゲート酸化膜の作製・評価技術を用いて短期・長期信頼性寿命を測定し、転位密度等の結晶欠陥との相関付けを行う。更に、転位がゲート酸化膜の信頼性寿命に与える影響を調べ、SiC-MOSFETのゲート酸化膜実用化に必要な信頼性寿命を得るための条件を明確にする。

3) インバータ高パワー密度化基盤技術の研究

微細化プロセスの精度を高めて600V-10A/チップ以上のSiC低損失MOSFET（オン抵抗：0.1Ω）とSBDダイオードの試作を行い、インバータ回路に上記の試作デバイスを使った場合の回路損失の評価分析を行う。また、インバータ構成要素の相互関係解析と統合設計手法の研究を行い、高パワー密度SiCインバータの実現に必要な条件を明らかにする。

(3) プロジェクト全体での一体的なSiC調達管理

担当：財団法人新機能素子研究開発協会

ウェハ品質評価管理室において、プロジェクト全体での一体的なSiCウェハ調達管理を行い、系統的なデータ・集積管理を実施する。

平成19年度事業規模

石特会計（エネ高） 約847百万円

（注）事業規模については、変動があり得る。

5. その他重要事項

(1) 開発は独立行政法人産業技術総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター長 荒井和雄をプロジェクトリーダーとし、下記の研究開発項目ごとに委託者と契約し実施している。

研究開発項目①高効率・高密度インバータユニット技術開発 実施先：三菱電機株式会社

研究開発項目②高効率・高密度インバータ革新的高度化基盤技術開発 実施先：独立行政法人産業技術総合研究所と財団法人新機能素子研究開発協会が共同研究契約を締結し実施

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

(3) 複数年度契約の実施

平成18年度から19年度の複数年度契約を締結して実施中。

(4) 年間スケジュール

平成19年3月8日 部長会附議

(別紙) 事業実施体制の全体図

