

# 高信頼性太陽光発電用マイクロインバータの開発

## Highly Reliable Micro Inverter for Photovoltaic Energy

吉 江 徹\*  
Toru Yoshie

**概要** 高信頼性太陽光発電用マイクロインバータを開発中である。複数枚パネルを束ねて1つのインバータで変換する従来型に比べ、各太陽光パネルに個別に設置するマイクロインバータはシステム効率に優れている。マイクロインバータの信頼性を高めることで交換周期を減らし、経済的にも優れたものを目指している。主回路には短寿命の電解コンデンサを使わないアクティブバッファ方式を用い、SiC素子による高電圧化とセラミックコンデンサの採用で高効率・長寿命を実現する。さらにマイクロインバータの筐体は内部回路を保護するために密閉タイプを用いることで長寿命化を図る。

### 1. まえがき

世界的なエネルギー消費増加と、地球温暖化の問題に対応するため、再生可能エネルギーの活用が強く求められている。太陽光発電は、水力・風力に並ぶ再生可能エネルギーであり、期待は大きいですが、発電効率とコストメリットで他の発電方法に比べて効率悪く、普及の足枷となっている<sup>(1)</sup>。一方、太陽光発電は各家庭の屋根や庭、集合住宅の屋上といった場所に設置して、個人での発電・売電が可能のため、気軽な個人投資の一面もあり、コストメリットの課題を克服出来れば普及が加速するものと考えている。

図1にマイクロインバータシステムの概略を示す。各パネルにはマイクロインバータが取り付けられており、MPPT(最大電力点追従)制御をおこない保護装置を介してAC系統に接続されている。各マイクロインバータの運転状況はIP通信により一台毎に監視サーバで制御されるため、天候や建物の影の影響を最小限に抑えられる。

一方、マイクロインバータはシステム価格が高価であることが問題である。この問題を解決するため、高効率・長寿命なマイクロインバータを開発することが重要である。開発課題は大きく以下5つに別れる。

(1)DC/ACインバータ回路開発、(2)低損失SiC MOS FET/SBD開発、(3)密閉型筐体開発、(4)マイクロインバータシステム開発、(5)実証実験

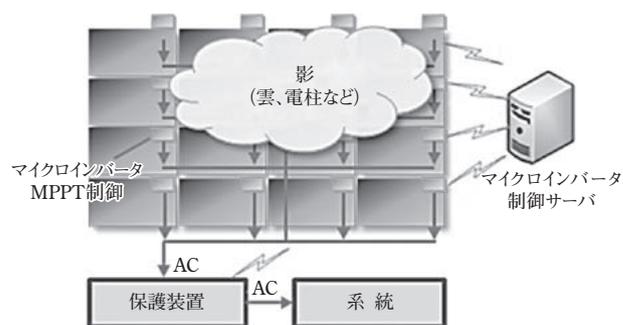


図1 太陽光発電用マイクロインバータシステムの概要  
Photo voltaic micro inverter system

本開発は平成26年度からスタートしたNEDOプロジェクトで、PVTECを取りまとめ役とし、ポニー電機と長岡技術大学が(1)回路開発、当社が(2)SiC素子開発、(3)高信頼性筐体開発、(4)発電システム開発を担当し、(5)実証実験をポニー電機敷地内で実施中である(図2)。今回その詳細を以下に報告する。



図2 太陽光発電システムの実証実験風景  
PV system substantiate experiment at Pony Electric.

\*技術本部 プロセス技術統括部 化合物デバイス開発部

## 2. マイクロインバータ回路

図3にマイクロインバータ回路を示す。新規開発したアクティブバッファ方式<sup>(2)</sup>を採用し、高圧化することでCc2コンデンサ容量を低減し、寿命制限ある電解コンデンサを使わず、セラミックコンデンサを使用可能にしている。この際、高圧回路を実現する素子として低損失のSiC MOS FET/SBDを用いている。

DC/DCコンバータは電流共振により94.1%の変換効率を得られ、アクティブバッファ+インバータではSiC素子を用いることで96.9%の効率を得られた。

本回路のさらなる効率化を長岡技術大学および、ポニー電機で検討中である。この高効率回路でモジュール温度上昇を75℃以下に抑え、モジュールの長寿命35年以上を実現する計画である。

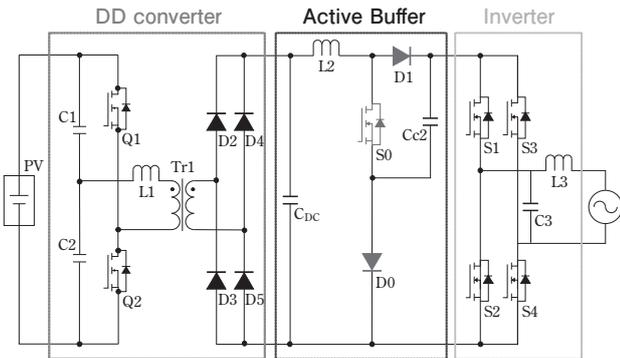


図3 アクティブバッファ方式のPV用マイクロインバータ回路  
Active buffer type micros inverter circuit for PV

## 3. SiC MOS FET開発

本マイクロインバータに1200V/40mΩ SiC MOS FETと20A Si SBDを用いた。図4にMOS FETのウェハとチップレイアウトを示す。4inch SiC基板上に5.1mm角のPlanerタイプのMOS FETを作成した。現在、さらなる低損失のTrench MOS FETを開発中であり、順次切り替える予定である。

図5に本SiC MOS FETの静特性とスイッチング特性を示す。Vg = 2V以上で導通し、Vg = 20V印加時でRon =

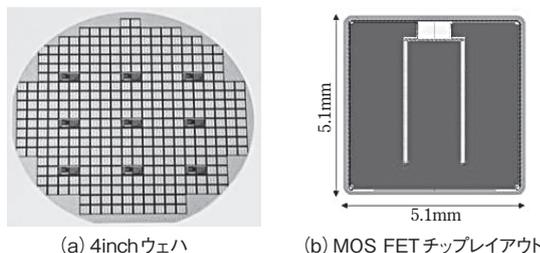


図4 SiC MOS FET 1200V/40mΩ 素子  
SiC MOS FET 1200V/40mΩ

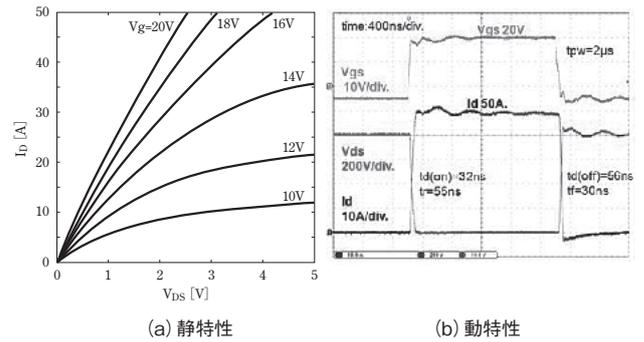


図5 SiC MOS FET特性  
Static and dynamic characteristics of SiC MOS FET

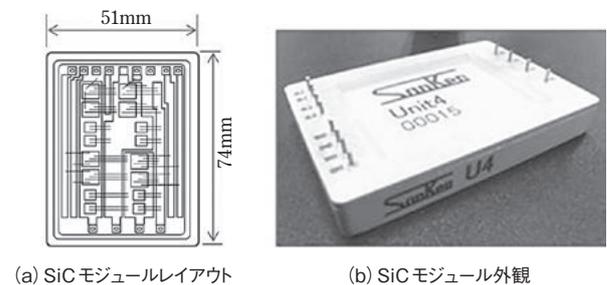


図6 SiCモジュール  
SiC module layout and overview

40mΩとなる。50Aのスイッチング速度は30nsec程度と高速である。本SiCチップを用いたSiCモジュールを図6に示す。DBC基板上にSiCチップを配置し、Alワイヤーで結線することで図3に示したDDコンバータ、ダイオードブリッジ、アクティブバッファ、インバーターフルブリッジ構成が同一部材でできるよう設計されている。最終的な回路構成決定後、本モジュールも用途に応じて最適化・小型化する計画である。

## 4. 高信頼性筐体開発

35年以上の長寿命マイクロインバータを開発する上で筐体内部の低温化が重要であり、上記で示した高効率回路とSiC素子を用いているが、それに加え水分による回路腐食を抑えることが重要である。

モジュール内へ水分が侵入した場合、内部部品から解け出す化学物質に加え、外部からの化学物質の侵入も想定する必要があり、評価方法が多岐に渡る。そこで35年間水分侵入を防止できる筐体の検討を実施した。

図7に2種類の筐体写真を示す。図7(a)はAl Oリング型で評価中の開閉が容易なタイプである。一方、図7(b)は溶接型で密閉性の高い構造である。両タイプの水分侵入量を評価することで、実機試験での信頼性保証データ取得時の水分影響を明確にできる。筐体の大きさは、外形225mm×250mm×35mmであり、定格350Wのマイク

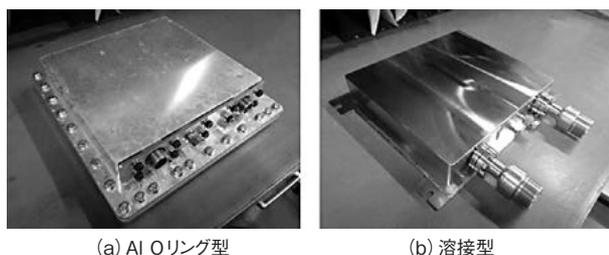


図7 モジュール写真  
Module out view

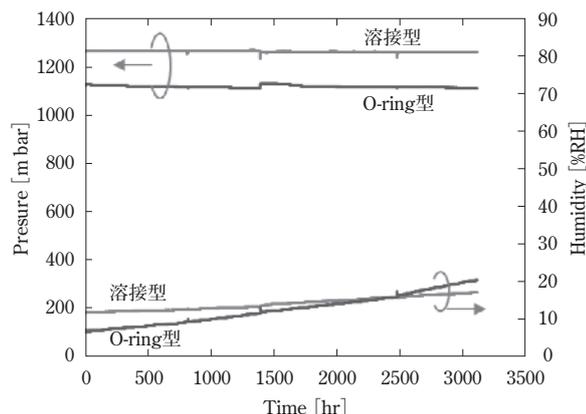


図8 モジュールの耐水性評価結果  
Humidity resistance test of micro inverter modules

ロインバータ回路を納める仕様である。各筐体には真空シール用のコネクタを取り付けてあり、電気信号および、電力入出力ケーブルが接続される。

図8に高温加湿試験(85℃, 85%)の結果を示す。各筐体内に湿度、圧力および、温度センサを有する電子ロガーを封入し、水分に関する評価を実施した。3000時間後、Oリング型は圧力が18mbar低下し、湿度も15%上昇しており、密閉不完全であることがわかった。一方、溶接型は圧力2mbar上昇、湿度6%上昇で、ほぼ密閉が保たれていることがわかった。この溶接型密閉容器を用いてマイクロインバータ耐久試験の実証を今後実施する予定である。

### 5. マイクロインバータ監視・制御技術開発

図9に本マイクロインバータの制御・監視システムを示す。各マイクロインバータに通信ボードを内蔵し、無線または、有線でサーバーシステムに接続する。マイクロインバータ個々の状況を監視し、最適な発電制御を行うことができるよう本システムで課題抽出と高効率化を目指す。

本システムを用い、今年度よりポニー電機敷地にて実証実験が開始されている(図2)。太陽光パネルの裏面にマイクロインバータを設置し、集中型のシステムに対す

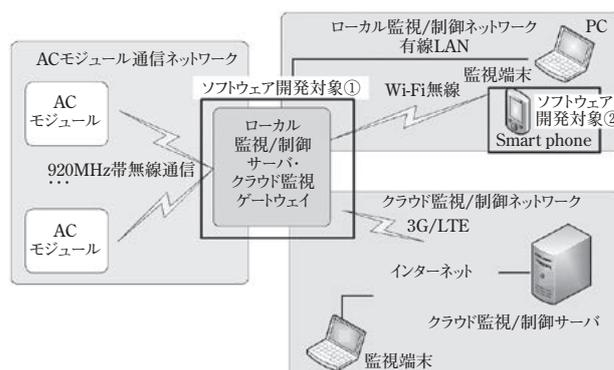


図9 マイクロインバータ制御システム  
Micro inverter system

る利点・欠点を明確にする。この際、制御システムの使い勝手も順次改善する計画である。

### 6. まとめ

高信頼性太陽光発電用マイクロインバータの開発状況を紹介した。SiC素子による高電圧化したアクティブバッファ回路により電解コンデンサレスとし、高効率・長寿命化を図った。さらにマイクロインバータの筐体を密閉タイプとすることで、モジュール内の腐食による寿命低下を防止し、35年以上の寿命実証を目指している。今年度より2年間の実証実験が開始されており、今回開発されたマイクロインバータシステムの高効率、高信頼性を実証すると共に、太陽光発電システムの改善を進める。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。本プログラム内で協力頂いたPVTEC高川悌二氏、池田祐一氏、ポニー電機長井真一郎氏、小池直希氏、長岡技術科学大学伊東淳一先生、折川幸司氏、渡辺大貴氏および、社内関係各所に感謝いたします。

### 参考文献

- (1) 竹濱朝美, 政策科学17巻 特別号, 2010年3月
- (2) 渡辺大貴, 小岩一広, 伊東淳一, 大沼喜也, 宮脇 慧, 電気学会論文誌D vol.135 No.5 (2015), p467
- (3) 高川悌二, 伊東洋一, 長井真一郎, 伊東淳一, 折川幸司, 太陽エネルギー vol.41 No.5 (2015), p37
- (4) 折川幸司, 日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会第16回セミナー予稿集