

パワー半導体の温度校正用テストベンチ

## テストラボにおける スループットおよび 計測精度の向上

パワー半導体のパワーサイクル試験では、温度特性の正確な把握が必要不可欠です。ワルシュタインのInfineon Technologies AG（以下、インフィニオン・テクノロジーズ）は、TwinCAT 3 Interface for LabVIEW™と、EtherCATターミナルのELM3xxxシリーズを使用したテストベンチによって、これらの特性曲線を算出しています。その結果、校正精度が向上し、テストラボ全体の試験効率も大幅に改善しました。

インフィニオン・テクノロジーズは、ワルシュタイン工場において、数アンペアから3,000Aまで、幅広い通電容量を持つパワー半導体およびモジュールを開発・製造しています。この生産拠点は、技術革新の中心地であり、研究開発およびフレーム・パワー・モジュール（FPM）製造の主要拠点でもあります。これらのモジュールは、EV用のインバーター、産業用・鉄道用の駆動装置、風力発電・太陽光発電設備など、世界中の様々なアプリケーションに使用されています。

TwinCATと高精度EtherCAT計測ターミナルELM3xxxシリーズを用いた自動テストベンチ。最大32個のパワー半導体の温度特性を算出可能。

テストベンチの前にて（左から右）：  
クリスチャン・リンデマン（ベッコフ、I/Oプロダクトマネージャー）、  
マーティン・ロッケラート博士（インフィニオン・テクノロジーズ、半導体テストラボ責任者）、  
マーティン・サイデルマン（インフィニオン・テクノロジーズ、テストエンジニア）、  
アントニア・クーン（ベッコフ、営業担当）。

パワーサイクル試験は、開発プロセスだけでなく、生産時の品質保証においても不可欠です。ワルシュタインのテストラボ責任者、マーティン・ロッケラート博士は、次のように説明します。「パワーサイクル試験のためのテストベンチが、投資およびインフラ要件という観点で、生産拠点の最大のコスト要因となっているのは、このためです」このような背景から、テストベンチは可能な限り効率的に活用する必要があります。これらの試験を実施するためには、事前に別のテストベンチで半導体の温度校正（TC特性曲線の取得）が求められます。ワルシュタインのテストエンジニアであるマーティン・サイデルマン氏は、計測の重要性を次のように強調します。「これらの温度特性は、その後、性能テス

トベンチで実施される全テストに必要です。最も重要な変数のひとつである負荷時の接合部温度を、非常に迅速かつ正確に算出できるためです」そのため、各モジュールは少なくとも一度TC計測を実施する必要があります。

### 温度校正のボトルネックを排除

従来は、計測電流およびゲート電圧を手作業で設定し、モジュール接点に発生する電圧を校正済みレコーダーを用いて記録していました。「全ては手動でした」とマーティン・サイデルマン氏は振り返ります。計測中の異常は自動検出も通知も行われていませんでした。レコーダーはネットワーク化されていないため、計測値はSDカードやUSBメモリ経由で読み出し、温度特性を計算す

るために別のPCに取り込む必要がありました。

温度特性の算出に使用していた手動テストベンチの自動化が検討され始めたのは、ちょうど3年前のことです。新たなテストベンチでは、ベッコフのPC制御の柔軟性とオープン性により、長い立ち上げ時間を要することなく、様々なモジュールの校正が可能になりました。これにより、テストエンジニアであるマーティン・サイデルマン氏は、極めて高い自由度を得ています。計測電流やゲート電圧が変化するだけではありません。例えば、順方向でしか計測できないダイオードを搭載したモジュールもあります。一方、IGBTでは、ゲートを制御し、コレクタ・エミッタ間電圧を計測する必要があります。

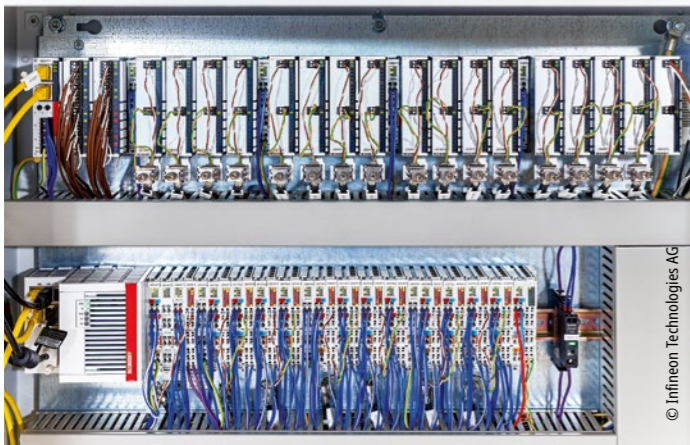




炉内の様子。最大32個のパワーモジュールの温度特性を算出するため、ELM3102-0100 EtherCAT計測ターミナルを用いて、異なる温度条件および定義された計測電流において電圧を24ビット分解能および0.01%精度で計測する。

「逆方向の計測では、炭化ケイ素 (SiC) MOSFETでも同様に計測が可能です」とマーティン・レックラート博士は述べています。

PC制御により自動化されたTC計測スタンドでは、最大32個のモジュールの温度特性を高精度かつ高い信頼性で計測できるようになりました。計測のため、モジュールは炉内に設置され、配線接続されます。TCP/IPとTwinCATで制御され、正確に調整された電流がケーブルを通してモジュールに印加されます。数時間にわたる計測プロセス中、炉は所定の温度プロファイルに従って動作します。



2チャンネルのEtherCAT計測ターミナル ELM3102-0100 x 16台(上段)は、半導体モジュールで発生する電圧を24ビットの分解能と0.01%の精度で計測。シャントを介して正確に印加される10~500 mAの電流は、電源供給ターミナルのEL9560を介して電氣的に絶縁されたEtherCATターミナル・EL2596から供給される(下段)。

指定温度(熱平衡)に到達すると、EtherCAT計測ターミナル・ELM3102-0100により、モジュール接点電圧が高精度に計測・記録されます。

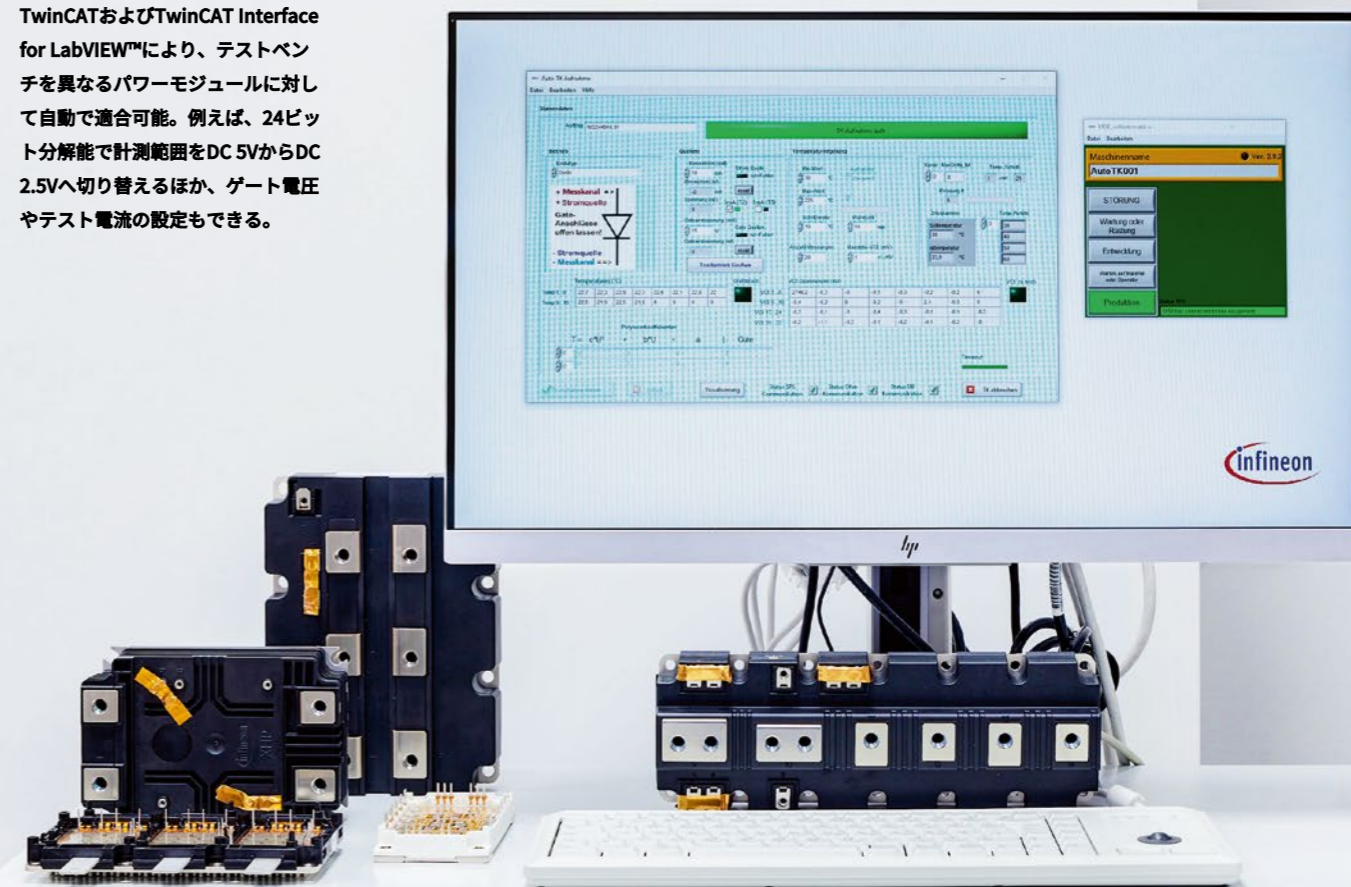
ベッコフのI/Oプロダクトマネージャーであるクリスチャン・リンデマンは説明します。「高精度とは、24ビットの分解能と0.01%の精度を意味します」マーティン・ザイデルマン氏は、EtherCATターミナルの精度に感銘を受けています。「テストベンチを較正した際、ELMターミナルが示した電圧値は、小数点以下6桁まで較正標準と一致しました」

#### 高精度かつ柔軟な較正

インフィニオン・テクノロジーズは、LED制御用に開発されたEtherCATターミナルのEL2596を使用して、10~500mAの計測電流を生成しています。「私たちは、0.1mAの精度で計測電流を制御するためにシャントおよびアナログ入力ターミナルを使用しています。しかも、それを標準品のみで実現しています」とマーティン・ザイデルマン氏は強調します。標準構成のEtherCATターミナルを用いて、わずか1mAで制御される特殊モジュールにも対応できます。ベッコフの営業担当であるアントニア・クーンは次のように述べています。「各チャンネル間の絶縁のため、LED制御ターミナルと、電源供給ターミナルのEL9560を組み合わせました」

PC制御は、制御アーキテクチャの面でも柔軟性を提供します。コントローラーには組込み型PCの「CX5140」が採用されており、TwinCAT 3と並列してLabVIEW™ランタイムがユーザーモードで動作します。計測ソフトウェアは、TwinCAT3 Interface for LabVIEW™ (TF3710) を介して、すべての設定値および実測値に加え、運用、可視化、特性曲線の計算に必要なステータスピットを受信します。マーティン・ザイデルマン氏は、EtherCATターミナルのプログラムの容易さについて、もう1つの利点を指摘しています。

TwinCATおよびTwinCAT Interface for LabVIEW™により、テストベンチを異なるパワーモジュールに対して自動で適合可能。例えば、24ビット分解能で計測範囲をDC 5VからDC 2.5Vへ切り替えるほか、ゲート電圧やテスト電流の設定もできる。



「試験準備は、オペレーターが計測対象となるモジュールのIDを入力するだけです。炉の制御や計測電流、ゲート電圧 (IGBTでは15V、シリコンカーバイドモジュールでは-8Vなど) の設定など、残りの処理はTwinCATが担います」

#### 緊密な協力関係

制御盤は、ベッコフのシステムエンジニアリング部門が設計・製作しました。「実装は完璧でした」と、マーティン・ザイデルマン氏は振り返ります。「これには、自動車関連サプライヤーである当社が要件とする制御盤のCE認証も含まれます」制御精度を10倍に高める特殊機能であっても、ファームウェアのアップデートにより標準製品に実装することが可能です。「インフィニオン・テクノロジーズとベッコフの緊密な協力により、短時間で解決策を見だし、さらに高精度な制御を実現することができました」と、クリスチャン・リンデマンは付け加えています。

#### テストラボ全体としてのメリット

従来のシステムと比較して、1回の試験あたり約1時間の立ち上げ時間を節約するとともに、計測結果の精度と信頼性を大幅に向上しました。自動化によって、夜間でも立ち合いなしで試験を実行できるようになりました。「今では1日に2回の試験を実行できます」とマーティン・レックラート博士は述べています。TwinCATとTCP/IP経由で炉扉が開くため、より迅速に炉の冷却ができます。これにより、オペレーターは次の試験準備開始を早めることができます。

スループットの向上は、総合設備効率 (OEE) の大幅な改善に寄与するだけでなく、サービスプロバイダーとして機能するテストラボが、開発部門から求められる厳しい納期に柔軟に対応できるようにします。しかし、ザイデルマン氏とレックラート博士は、現状の成果に満足することなく、さらなる効率化に取り組んでいます。次なる段階では、パワーサイクルテストベンチから温度特性を手動で取得するのではなく、モジュールIDを用いて中央データベースから自動取得することを目指しています。「その結果、OEEをさらに向上できます」とマーティン・ザイデルマン氏は意気込みを述べています。PC制御により良好な結果が得られたことを受け、現在、さらに2つのシステム (各24モジュール構成) が計画されています。そのうち1システムはハンガリーの生産拠点に設置される予定です。

詳細情報:

[www.infineon.com](http://www.infineon.com)

[www.beckhoff.com/measurement](http://www.beckhoff.com/measurement)