

SiCデバイスモデルのパラメーターを自動調整するアルゴリズム

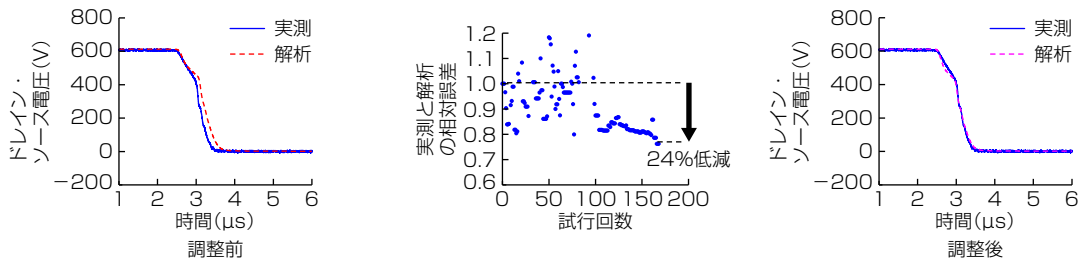
Automated Flexible Modeling for SiC-MOSFETs

パワーエレクトロニクス機器(パワエレ機器)の省エネルギー性能の向上を目指して、SiC(シリコンカーバイド)デバイスの研究開発を進めている。SiCデバイスの性能を最大限に活用するためにはパワエレ機器設計でのスイッチング波形を模擬するシミュレーションの解析精度が重要であり、デバイスの回路モデル(デバイスモデル)がその精度を左右する。従来のデバイスモデルの開発では、特定の実測データを参照にパラメーターを最適化してきた。しかし、参照した実測データについてだけパラメーターが最適化され、広域の動作条件で解析精度を確保できないという課題があり、特にスイッチング波形の解析で顕著で、パワエレ

機器設計を進める上でボトルネックになっていた。

そこで、多数の動作条件に対してパラメーターを自動で調整するために、代表的な最適化手法である焼きなまし法を用いて実測データと解析データの差分を低減するアルゴリズムを開発した。

今回、SiCデバイスのスイッチング波形に関わる10種類のパラメーターの調整をこのアルゴリズムに基づいて自動で繰り返して、最終的に解析誤差を24%低減し最適化した。今後、SiCデバイスだけでなくGaN(窒化ガリウム)デバイスについても解析精度を向上させ、省エネルギー性能の高いパワエレ機器の開発を推進する。



開発したアルゴリズムによる解析精度の改善

シャノン限界に迫る光通信用確率整形技術

Probabilistic Shaping in Optical Communications Approaching Shannon Limit

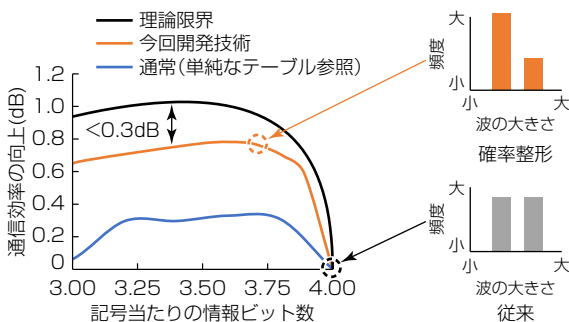
多数のユーザーデータを束ねて送る基幹系光通信では、現在每秒400ギガビットの通信速度が標準であり、Beyond 5G(第5世代移動通信システム)実現に向けて每秒1テラビット級への高速化とシャノン限界に迫る高い通信効率求められる。

の変換で扱う情報ビット数と記号数を増やして、より高い比率で小さな波を発生させる必要がある。すなわち、超高速処理と通信効率の向上の両立が困難である課題があった。

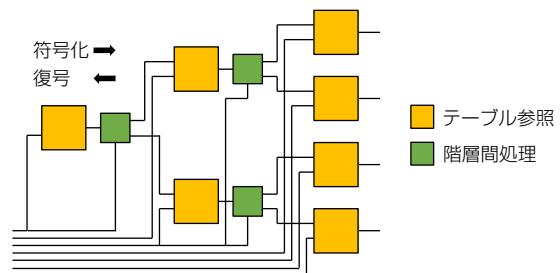
通信効率の向上には波の大きさの発生頻度を偏らせる確率整形が有効である。確率整形には情報ビット列を波の大小を表す記号列に変換する際、小さな波に対応する記号が頻度高く含まれるよう規定した変換処理が必要である。この変換処理は最も簡易にはテーブル参照で実現できるが、理論限界に近づくためには、テーブルを大規模化して一度

今回、小規模なテーブル参照を階層構成で繰り返して、階層間に小規模な論理処理を追加することで、大規模なテーブル参照と同等の通信効率を実現可能な独自方式を考案し、理論限界に0.3デシベル未満にまで迫る高い通信効率を達成した。小規模な処理であるため、市販のプログラミング可能な汎用用途の集積回路でも、要求速度の4倍に相当する每秒4テラビット級の超高速処理を実装できる。

今後、より高速動作する専用集積回路への機能搭載と光通信システムへの適用を進めていく。



確率整形による通信効率の向上



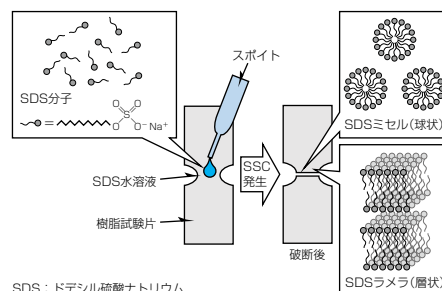
提案アルゴリズムを用いた回路構成例

放射光を用いた界面活性剤と樹脂の相互作用解析技術

Analysis Technique for Interaction Between Surfactants and Plastics Using Radiation

非晶性樹脂の破壊機構の一つに、応力下で洗浄剤等の薬剤と接触して樹脂が脆化(ぜいか)する溶剤ストレスクラッキング(Solvent Stress Cracking: SSC)がある。その破壊メカニズムは分子鎖間への薬剤分子の拡散による応力緩和とされているが、樹脂と薬剤の構造変化の観点で解析を行った例は少ない。今回、放射光X線小角散乱測定を用いて、薬剤によってSSCが発生した樹脂内部の凝集構造を解析する技術を確認し、実際に薬剤分子が樹脂内部に浸透しミセル(球状)やラメラ(層状)のような凝集構造を形成し

たことを明らかにした。この技術によって、薬剤に対してSSC耐性の高い樹脂内部構造を明らかにすることで、SSC抑制による非晶性樹脂の長寿命化や用途拡大が期待される。



SDS: ドデシル硫酸ナトリウム

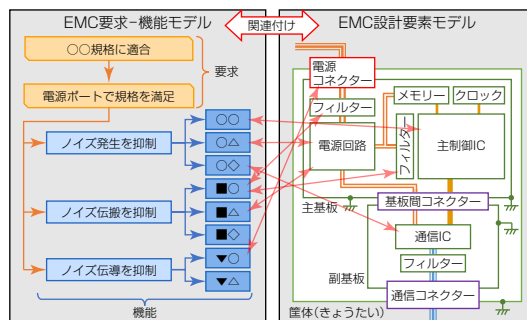
SSC発生によるSDS分子の凝集構造変化

EMC設計品質向上に向けたMBSEの適用

Application of MBSE Methods to Improve EMC Design Quality of Products

電子機器システムの大規模化に伴い、設計段階でEMC(ElectroMagnetic Compatibility, 電磁両立性)設計が要求を満足するかの確認が困難になりつつある。そこでモデルを活用して大規模システム開発を行うMBSE(Model-Based Systems Engineering)の考えを取り入れた、EMC設計システムモデルによる設計手法を開発した。このモデルは、EMC要求とそれを満たす機能を樹形図状に体系化した要求-機能モデルと、EMCに関連する機構・電子部品の実装情報を含んだ設計要素の系統図である設計要素モデルで構成され、これらに関連付けして対象システムを表現する。設計者が、このEMC設計システムモデルを作成

しながら設計を進めることで、EMC要求と設計仕様との対応が根拠とともに明確化され、電磁ノイズ問題による設計手戻りの抑制につながる。



MBSEを適用したEMC設計システムモデル

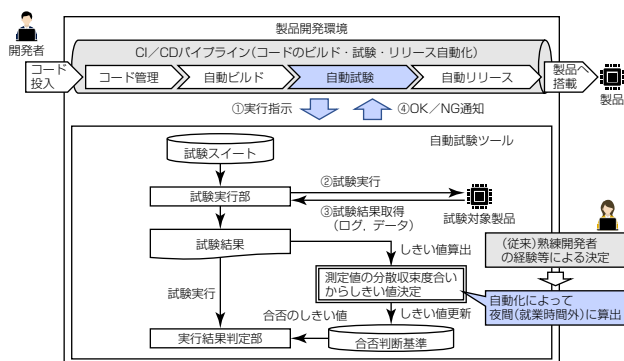
ソフトウェアプラットフォーム更新に伴った性能試験自動化技術

Performance Test Automation System Associated with Software Platform Update

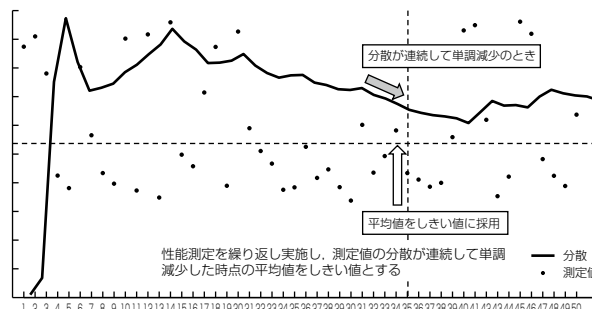
製品のソフトウェア開発形態はCI/CD(Continuous Integration/Continuous Delivery)パイプラインを導入した高頻度リリースが主流になりつつあるが、性能試験の可否判定のしきい値設定が高頻度化の妨げになっていた。しきい値設定は、ソフトウェア更新のたびに測定値のばらつきや試行回数のバランスの考慮が必要のため、熟練開発者の経験等が必要であり、さらに基盤ソフトウェアが大規模

なほど測定対象が増えるため、高頻度化への対応が困難であった。

今回、性能試験での可否判定のしきい値を、性能測定値の分散の収束度合いから算出する自動化手法を考案した。この方式で夜間にしきい値を自動決定することで、リリース頻度の低下を防止する。この手法によるしきい値を基盤ソフトウェアの更新時の性能試験に適用し、性能変化が検出可能なことを示すことができた。



組み込み機器向け自動試験システム動作フロー



しきい値の決定方式

機械学習によるPWMインバーターのEMI対策

EMI Mitigation in PWM Inverters Using Learning-based Carrier Signal

PWM(Pulse Width Modulation)インバーターはモーター制御や電力変換など様々な用途で広く利用されている。PWMインバーターのスイッチング動作に起因するEMI(Electromagnetic Interference)対策は、従来、フィルターなどハードウェア設計で対策していたので装置の小型化が困難であったが、今回、信号処理で対策する技術を開発し装置の小型化を可能にした。PWMキャリア信号を周波数変調することで、PWMキャリア信号の高調波スペクトルのエネルギーが広帯域に周波数拡散し、EMI

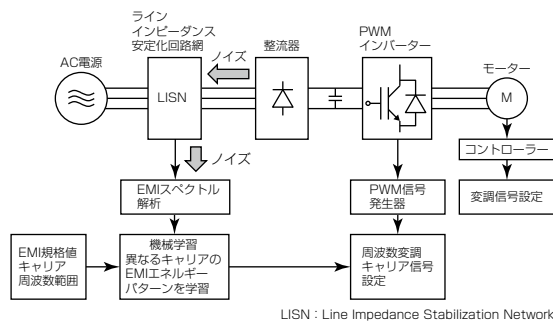


図1-PWMインバーター構成(機械学習時)

レベルを緩和できることを見だし定式化した。機械学習で周波数変調信号を最適化する構成を考案し(図1)、実験でEMIレベルを15dB緩和する結果を得た(図2)。

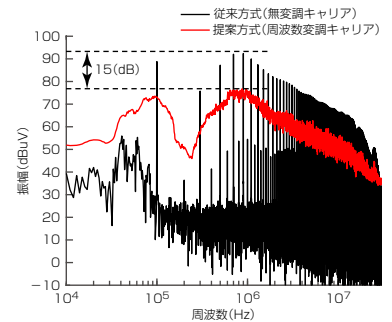


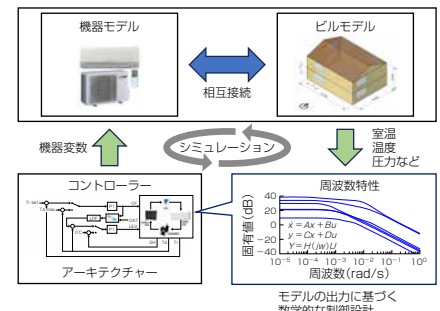
図2-EMIレベルの実験結果

HVACシステムのためのモデルベース設計

Model-Based Design for HVAC Systems

モデルベース設計は複雑な制御、信号処理及び通信システムを数学的・視覚的に設計する手法である。HVAC(Heating, Ventilation & Air Conditioning)システムの望ましい挙動を実現する制御アルゴリズムを設計するために、HVAC機器やビルシステムに関わる広範な物理現象を精度良く数値モデル化し、これらのモデルを相互に接続することで設計の初期段階でシステムレベルの解析、迅速な評価を可能にするフロントローディング化を実現した。これによって制御アルゴリズムの開発期間を短縮しリスクを削減しながらエネルギー効率と快適性を向上させる効率的な

制御設計を可能にした。さらにシステムのデジタルツインによってシステムの挙動を再現し、未知の物理量の分析や分析結果に基づく制御の改良を実現した。



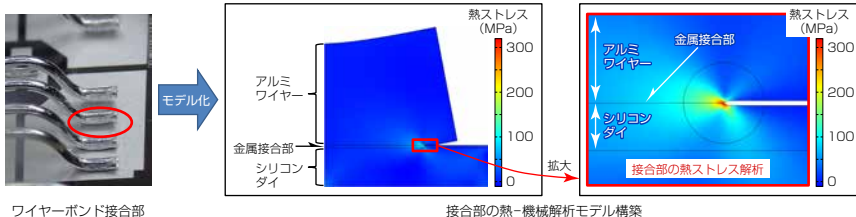
制御とシステムのモデルベース設計プロセス

パワーモジュールの寿命推定技術

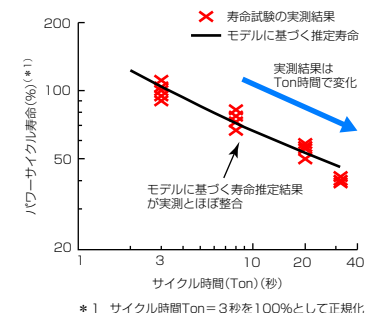
Power Module Lifetime Estimation

パワーモジュールには、熱などのストレスによる疲労寿命があり、製品設計で高精度な寿命推定が求められる。従来、パワーサイクル寿命試験のサイクル時間(Ton)によって寿命が変化することが分かっていたが、物理現象の説明が困難で信頼性に課題があった。今回新たに時間依存性のある材料特性(クリープ現象)に着目した、物理現象に基づくワイヤーボンド接合部の熱-機械解析による寿命推定モ

デルを開発した。このモデルによる寿命推定結果はパワーサイクル寿命試験とほぼ整合することが確認され、物理現象のモデルで説明できる信頼度の高い寿命推定が可能になった。今後、モジュール使用中の余寿命診断等にもこのモデルの活用を検討していく。



パワーモジュールのワイヤーボンド接合部の寿命推定モデル



モデルに基づくサイクル寿命計算

▼ モバイル3DスキャナーField LiDARのデザイン

Design of Mobile 3D Scanner Field LiDAR

距離や方向を測定するLiDAR(Light Detection and Ranging)センサー等各種センサーと前後二つの超広角カメラで空間の形状データを取得し、色付き点群をリアルタイム処理し3D環境地図データを生成する計測・記録装置である。

デザイン開発に当たって、この製品の高精度・高機能を視覚的に表現することと小型化の両立を狙っている。その実現には製品内部の排熱が課題になるため、六角柱筐体の角部分を廃熱ルートにした。また高度な機能を持つ機器であることを直感的にイメージさせるよう直線基調の意匠でまとめて、シャープかつ屋外での機動的な利用に適した凹凸の少ない形にした。



製品外観イメージ

▼ ワイヤー・レーザー金属3Dプリンターのデザイン

Design for Wire Laser Metal 3D Printers

この製品はワイヤー送給やレーザー出力などの加工条件と軸移動を協調制御する世界初^(*)の技術によって、高品質な三次元構造の造形を実現するワイヤー・レーザー金属3Dプリンターである。前面に設けた大きく開く扉や、作業者が楽な姿勢で加工設定などができるようにチルトや回転機能を備えた19インチ大画面タッチスクリーン操作盤によって作業性の向上を実現した。さらに、加工機全体をカバーした360°全方位デザインによって設置自由度が向上し、アイランドレイアウト等の工場主の様々な設置要望に対応することを可能にした。

* 1 2022年2月24日現在、当社調べ



AM : Additive Manufacturing

AM加工機