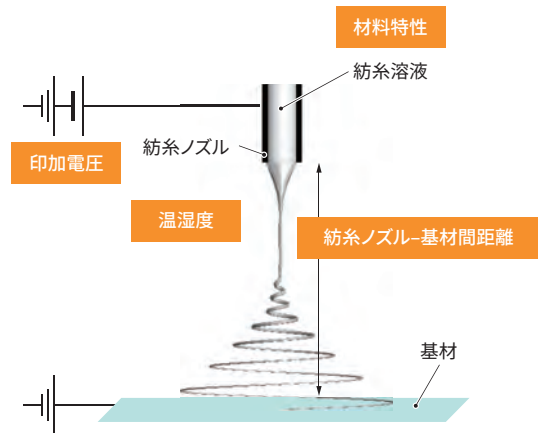
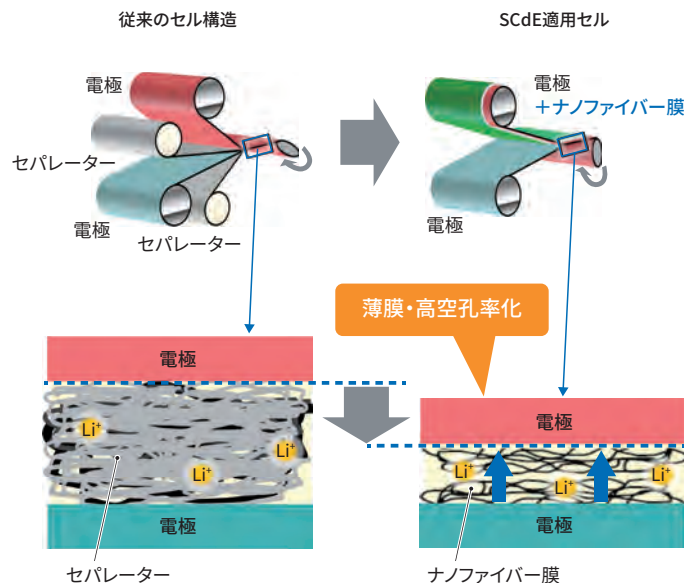


エレクトロスピンニングによるナノファイバー形成技術を応用した新構造の SCiB™

研究開発
コンポーネント技術



エレクトロスピンニングの制御因子
Control parameters of electrospinning for nanofiber formation



電極上にナノファイバー膜を直接形成
⇒薄膜・高空孔率化で高入出力・大容量化とコストダウンを両立

Li⁺:リチウムイオン

SCdE 適用セル

Newly developed skin-coated electrode (SCdE) as alternative to separator in cell

ナノファイバー形成技術の一つであるエレクトロスピンニング (ES) は、溶液を充填した紡糸ノズルに高電圧を印加し、電界で高分子を引き出して紡糸する技術である。今回、この技術の高速化を実現して量産レベルまで高め、一般のリチウムイオン二次電池で用いられているセパレーターの自立膜型絶縁材を使用しない、新構造の SCiB™を開発した。

ESによるナノファイバー形成技術を応用し、印加電圧や、材料特性、温湿度、紡糸ノズル-基材間距離などの制御因子を適正化することで、リチウムイオン二次電池の電極材料の表面をナノファイバー膜で覆った構造 (SCdE: Skin-Coated Electrode) を実現した。この構造により、電池内の電極間距離を近づけられるため、高いイオン伝導性を確保でき、電池の内部抵抗を抑制できる。SCdEの採用で、SCiB™の強みである入出力性能を向上させられるだけでなく、単位体積当たりの容量も高められる。

この新構造を適用したセルを量産ラインで試作し、SCiB™の高出力 (1,800 W) セルである 10 Ahセルと同サイズで、2,200 W の出力性能を達成した。更に、独自の電極塗工技術と組み合わせて内部抵抗値を従来品に比べて約 40 % 低減し、セルの冷間始動性能の向上が可能となった。

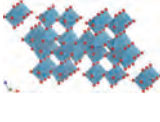
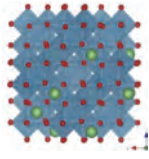
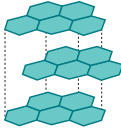
試作したセルを用いた実証試験では、充放電を 8,000 回以上繰り返しても 95 % 以上の電池容量を維持することが確認できており、高入出力・大容量化と、SCiB™の特長である長寿命を併せて実現した。今後、SCdEを用いた新構造を、車載や、鉄道、定置向けなどの SCiB™に展開し、実用化を目指す。

生産技術センター

新酸化物負極の採用で高エネルギー密度を実現した次世代SCiB™

黒鉛負極とチタンニオブ酸化物系負極の特性比較

Comparison of characteristics of conventional graphite, lithium-titanium-oxide, and titanium-niobium-oxide anodes

負極材料	TiNb ₂ O ₇ (TNO)	LTO	黒鉛
結晶構造	単斜晶系 	スピネル型 	六方晶系 
酸化還元対	Ti ⁴⁺ /Ti ³⁺ Nb ⁵⁺ /Nb ³⁺	Ti ⁴⁺ /Ti ³⁺	C ₆ /C ₆ ⁻
真密度 (g/cm ³)	4.34	3.41	2.25
質量当たりの容量*1 (mAh/g)	387	170	372
体積当たりの容量*1 (mAh/cm ³)	1,680	580	837
電極電位*2 (V vs. Li)	1.6	1.55	0.2

Ti: チタン Nb: ニオブ C: 炭素 Li: リチウム

*1: 単位格子当たりの理論値

*2: 金属電極Liの平衡電位を0V基準にした電位



チタンニオブ酸化物負極を用いた試作電池

Prototype battery equipped with titanium-niobium-oxide anode

EV（電気自動車）の普及のため、ユーザーの利便性を向上させるには、充電1回当たりの航続距離の伸長と充電時間の短縮が必要である。東芝インフラシステムズ（株）は、負極にチタン酸リチウム（LTO）を採用し、急速充放電や、安全性、寿命に優れたリチウムイオン二次電池 SCiB™ を製品化している。今回、EV向けに、数分で超急速充電ができ、更にエネルギー密度も向上させた、次世代 SCiB™ を開発した。

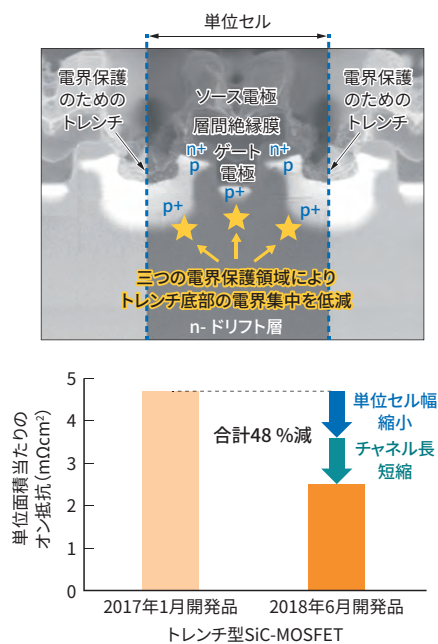
当社は、一般のリチウムイオン二次電池に使用される黒鉛負極と比べ、体積当たり約2倍の容量を持つチタンニオブ酸化物（TNO：TiNb₂O₇）に着目し、2011年頃から開発を進めてきた。この材料は、リチウムイオンを吸蔵する際に、LTOと同等の電極電位で2電子反応が可能なニオブ元素を含む上、真密度が高いという特長を持っている。黒鉛負極に対し、質量当たりの容量が同等で、体積当たりの容量が約2倍になるため、EVに向けた応用が期待される。

今回、独自に開発した合成方法でTNO粒子の結晶性を向上させ、理論容量に近い実容量を実現した。これを負極に用いた公称容量49 Ahの試作電池では、6 minで90%まで充電可能な超急速充電性能と、5,000回の繰り返し充放電で90%の電池容量を維持できる長寿命性が確認できた。コンパクトEVに適用すれば、6 minの充電で航続距離320 kmが想定され^(注)、利便性の大幅な向上が期待できる。

(注) 32 kWh 電池容量搭載のコンパクトEVを想定したJC08モード（国土交通省が定める燃費測定用走行パターン）での走行距離換算。
関係論文：東芝レビュー．2018，73，3，p.4-8.

研究開発センター

■ 電力損失の低減を可能にした SiC トレンチ型 MOSFET



n+ : 不純物濃度の高いn型半導体領域 p : p型半導体領域
n- : 不純物濃度の低いn型半導体領域 p+ : 不純物濃度の高いp型半導体領域

SiC トレンチ型 MOSFET の断面構造と単位面積当たりのオン抵抗の低減
Cross-sectional structure and decrease in on-resistance of newly developed silicon carbide (SiC) trench metal-oxide-semiconductor field-effect transistor (MOSFET)

SiC (炭化ケイ素) パワー半導体により、鉄道車両や電気自動車などに使われる電力変換装置の高効率・小型化が可能となる。今回、スイッチング素子である MOSFET (金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ) において、業界トップクラス^(注)の低オン抵抗を実現した。

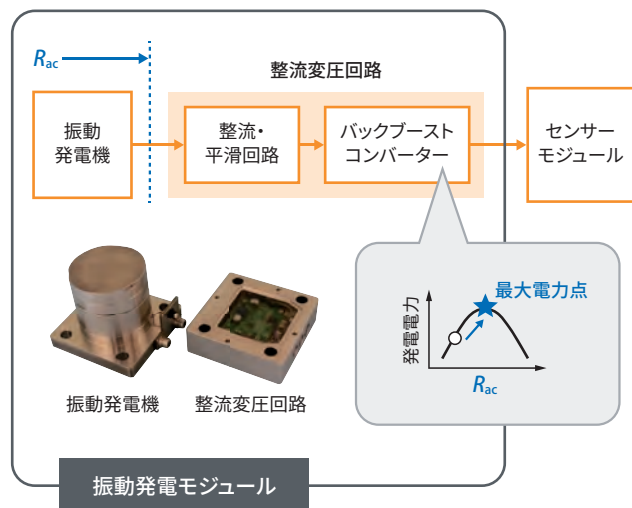
トレンチ (ウエハー表面の溝) 型の SiC-MOSFET は、現行のプレーナー型に対し、オン抵抗の低減が期待できるが、トレンチ底部への大きな電界集中による信頼性低下が懸念される。そこで、トレンチ周辺に自己整合的に電界保護領域を形成する手法で、単位セル当たり三つの保護領域を持つ独自のデバイス構造を開発してきた。

今回、この構造の単位セル幅の縮小と、チャンネル (スイッチ機能を備えた電子の通り道) 長の短縮を組み合わせ、単位面積当たりのオン抵抗として従来比 48% 減となる $2.5 m\Omega cm^2$ を達成した。この研究の一部は、共同研究体「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション (TPEC)」の事業として行われたものである。

(注) 2018年12月現在、1.2 kV 級 MOSFET において、当社調べ。

研究開発センター

■ 鉄道車両監視用 電磁誘導型振動発電モジュール



R_{ac} : 振動発電機から見た回路の等価抵抗

振動発電モジュール

Prototype vibration energy harvester module for monitoring rolling stock condition

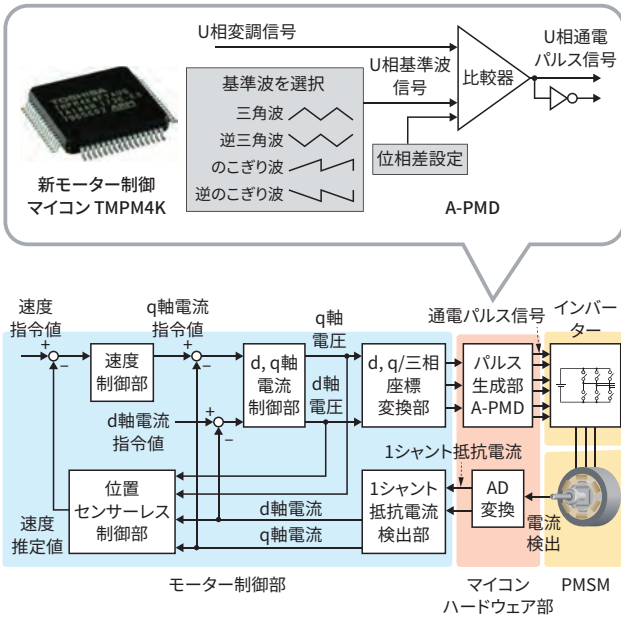
鉄道車両において、脱線などの重大事故を防ぐため、台車の状態をセンサーで監視するシステムの開発が進んでいる。しかし、既設台車への電源ケーブルの敷設には課題も多い。

そこで、走行時の振動を利用する振動発電モジュールを開発した。台車上の狭い設置スペースで大きな交流電力が得られるように、磁束の漏れが小さく磁束が強く集中する振動子構造の電磁誘導型発電機を考案した。試験線で実車を用いて評価したところ、有効に発電できることが立証された。更に、交流電力から直流電力に効率良く変換されるよう、最大電力点で出力するモジュールも開発した。最大電力点への調整は、発電機から見た回路の等価抵抗を変更して行う。

実車試験線での模擬振動試験の結果、当社従来比約2倍の電力が得られた。営業線による実用システムでも大幅な向上が期待できる。この試験の一部は、公益財団法人 鉄道総合技術研究所との共同研究により実施したものである。

研究開発センター

■ PMSM 駆動システムの高性能化と低コスト化を両立する モーター制御マイコンTMPM4K



d軸:磁界成分 q軸:トルク成分 AD:アナログデジタル

PMSMの制御ブロック図とモーター制御マイコンTMPM4K
Control block diagram of permanent magnet synchronous motor (PMSM) drive system and TMPM4K motor control microcomputer

高効率な永久磁石同期モーター（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）は、近年、民生・産業など多分野に適用されているが、駆動には電流センサーや位置センサーなどの高価なセンサーが必要で、普及の妨げになっている。このため、センサーの削減で低コスト化し、それに伴う性能低下を補う技術が研究されているが、適用には高度な知識や経験が求められる。

今回、これらの技術をユーザーに使いやすくするためにA-PMD（Advanced Programmable Motor Driver）を改良した新モーター制御マイコンTMPM4Kを開発した。

改良したA-PMDは、電流センサーを削減できる“1シャント（分流器）抵抗電流検出技術”や、位置センサーを削減できる“位置センサーレス制御技術”などの高度なPMSM制御機能を実現できる、モーターへの新しい通電信号生成機能を持つ。

これらの機能で、TMPM4Kは、処理速度の向上による高性能化とモーター駆動システムの低コスト化を実現した。

関係論文：東芝レビュー. 2019, 74, 1, p.65-69.

生産技術センター

■ スポット溶接検査用の超音波探傷ロボット



スポット溶接検査ロボットシステム
Ultrasonic spot weld inspection robot system

3D（3次元）超音波検査装置Matrixeyeを活用し、スポット溶接部の自動探傷を実現するロボットシステムを開発した。

これまで、作業者が経験を基に検査プローブの角度調整を行っていたため、熟練が必要であるなどの理由により、作業時間のばらつきが生じていた。

そこで、今回、Matrixeyeで撮像された超音波検査画像を基に、超音波反射強度の分布データから溶接部の表面や裏面の傾きを推定し、検査プローブの適正な姿勢を導くアルゴリズムを開発した。

更に、検査プローブと超音波を伝搬しやすくする接触媒質を塗布できる機構を搭載したロボットアームに、開発したアルゴリズムを適用して、スポット溶接部の自動探傷作業を実現するシステムを開発した。

今後、スポット溶接が多く用いられる自動車業界などでの実用化に向けて、フィールドテストを重ねていく。

生産技術センター