

半導体マイクロセンサーの水蒸気バリア技術



Water Vapor Barrier Technology for Semiconductor Microsensors

1. 背景

三菱電機は燃料電池電気自動車向けに世界で初めて<sup>(\*)</sup>半導体直接受圧方式での水素圧センサーを開発・量産化した。このセンサーの使用環境として従来は測定媒体が純水素であったが、近年は高温高湿水素の圧力測定をシステム側から要求されることが多くなってきている。その場合、搭載環境によっては水蒸気による結露で受圧室内の電子部品等が腐食しセンサーの故障に至ることがある。搭載環境の制約を排除するためには水蒸気起因の腐食耐性を高めることが不可欠であり、水蒸気バリア技術の開発を進めてきた。

\* 1 2021年7月1日現在、三菱電機調べ

2. 積層バリア膜の性能評価

図1に示すように、受圧室内に配置している圧力センサー素子、ボンディングワイヤ等の導電部表面に厚み50nmの無機バリア膜(ALD：原子層堆積法)と2.5μmの有機バリア膜(CVD：化学気相成長法)から成る無機・有機ハイブリッド積層バリア膜(以下“積層バリア膜”という。)を成膜する。有機バリア膜は脆性(ぜいせい)の高い無機バリア膜を保護するために設けている。積層バリア膜を常温で薄く成膜することによって、センサー特性に影響を及ぼさないことを確認した。この積層バリア膜の水蒸気透過率について、固体高分子型燃料電池のセンサー搭載環境を模擬し、かつ測定器で再現可能な範囲で最も厳しい85℃95%RH(Relative Humidity)で評価した結果を図2に示す。従来の有機バリア膜だけやゲル充填だけの場合

はPEN(ポリエチレンナフタレート)フィルム単品の透過率と同等であり水蒸気バリア性はない。一方で積層バリア膜は1E-3g/m<sup>2</sup>/day以下の高いバリア性であることを確認した。水蒸気透過率は少なくとも先に述べた従来手法の1万分の1以下になる。この結果から水蒸気バリア性は無機バリア膜で発現していることを確認した。また、ゲル充填していない製品で各種耐久完了後に受圧部を水道水で満たした状態での通電試験結果からピンホール等の欠陥なく一様に被覆できていることも確認した。さらに、図3に示すように燃料電池システムの動作を簡易的に模擬した水蒸気による受圧部表面の結露通電試験によって、ゲル充填だけの従来仕様が致命不良に至る時間の少なくとも6倍以上に当たる3,000時間を経過しても異常ないことも確認し、引き続き評価を継続中である。

3. 積層バリア膜の出来栄評価

積層バリア膜の出来栄確認の観点からもそのバリア性の高さを検証した。積層バリア膜の形成状態を適切な精度で確認するため、透過電子顕微鏡(以下“TEM”という。)を用いる。TEM観察用超薄片を抽出するため、集束イオンビーム(以下“FIB”という。)法と加工レート理論値400倍ほどとしたプラズマFIB法を組み合わせた試料調整法を用いた。その結果、ボンディングボール断面全体を視認可能なTEM観察用超薄片を効率的に抽出できた。その断面観察結果を図4に示す。有機バリア膜はボール脇近傍で成膜過程で形成されたであろう“鬆(す)”が確認された。一方、無機バリア膜はCVD法では成膜されにくい下面側にも緻密な膜の形成を確認した。

4. 総括

積層バリア膜の有効性を確認した。この技術は常温での薄膜形成のため、半導体センサー全般への展開も可能と考えられる。

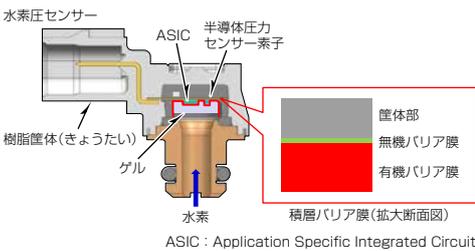


図1-積層バリア膜成膜時の圧力センサー感圧部保護構造例

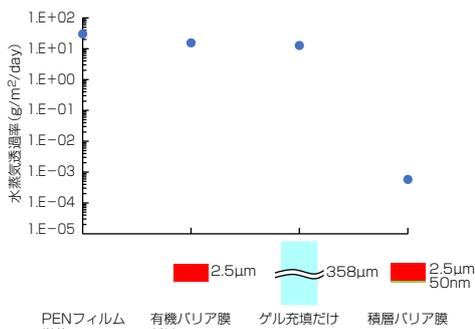


図2-水蒸気透過率

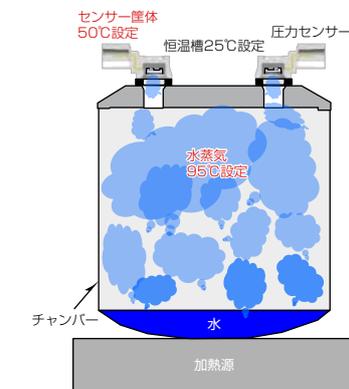


図3-通電結露耐久試験系(燃料電池システム内簡易模擬)

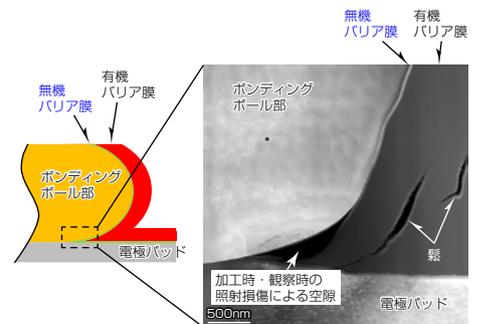


図4-積層バリア膜の断面図

< 取り扱い：三菱電機モビリティ(株)>

## 車載用モーター巻線の高占積率／低背化技術

High Space Factor and Low Size Technology for Automotive Motor Windings

近年、自動車業界でCO<sub>2</sub>排出規制による燃費規制を背景にHEV(Hybrid Electric Vehicle)の普及が進んでいる。HEVの中でも、モーターがエンジンと変速機間の狭いスペースに配置されるエンジン出力軸直結型ISG(Integrated Starter-Generator)システムでは、モーターの搭載スペースが限られることから小型軽量化と高出力化の両立が強く求められている。モーターの固定子の巻線で、下層の巻線をまたいで次の隙間に巻き進めることをレーンチェンジと呼ぶ。従来、レーンチェンジは固定子巻線の短辺側で実施されており、高い巻線占積率が実現できるものの巻線の高さが拡大してしまうという課題があった。

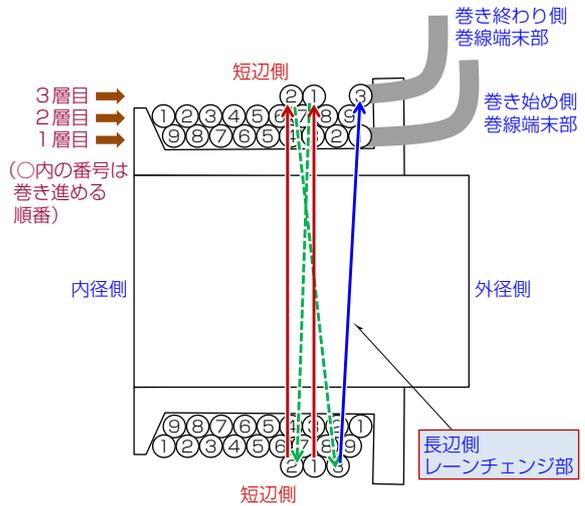
そこで三菱電機モビリティ(株)のISGシステム用モーター



ISGシステム用モーター全体図

では、レーンチェンジの一部をティース長辺側で実施することにした。巻線高さの拡大を招く交差部を短辺側と長辺側に分散配置することで、モーターサイズの縮小と高出力化につながる高い巻線占積率との両立を実現した。

今後はこの技術の適用拡大によって、自動車の燃費向上と低炭素社会の実現に貢献していく。



今回開発技術の長辺側レーンチェンジ部

<取り扱い：三菱電機モビリティ(株)>

## 樹脂成形金型でのホットランナー活用事例

Examples of Using Hot Runner System in Plastic Mold Tooling

射出成形で発生するランナーは廃棄になるため、従来はランナーをリサイクルすることで廃棄量を減らしてきた。しかし材料物性値の低下や樹脂溶融を繰り返すエネルギーロスの問題があり、品質要求の高まる部品に対してランナーリサイクルを採用できない場面が増えている。これらの問題を解決するために、ランナーを排出しないホットランナーシステムの導入を進めている。

本稿では事例を二つ述べる。

### (1) オープンゲート仕様のゲート残り改善

レイアウト性に優れたオープンゲート仕様を採用したが、ホットランナーノズルの冷却が間に合わずゲート残りが発

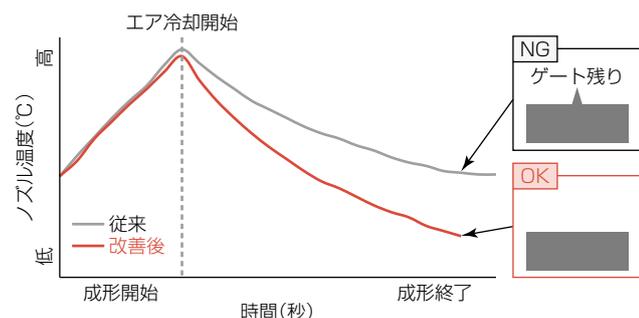


図1-オープンゲート仕様のゲート残り改善

生した。金型にエア冷却を追加することで、ゲート部を積極的に冷却し樹脂の固化を促進させた結果、冷却時間を短縮でき、サイクルタイムを19秒改善した(図1)。

### (2) 異なる樹脂体積製品の充填バランス制御

射出体積が異なる製品の共取型を立ち上げた。体積差があるため、大きい側は充填不良、小さい側は過充填になる。バルブ動作の制御回路を分けることで、それぞれの製品に対して適切な充填バランスになる金型仕様にした(図2)。

このようなホットランナー活用によって樹脂廃棄量削減という面から社会課題を解決し、持続可能な社会の実現に貢献していく。

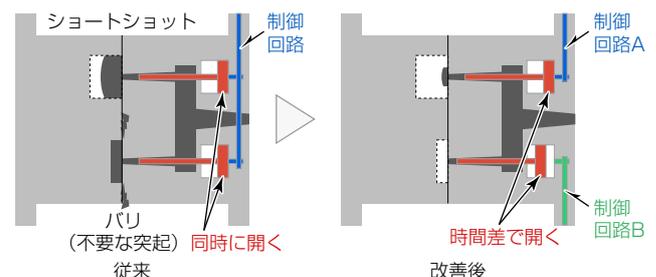


図2-異なる樹脂体積製品の充填バランス制御

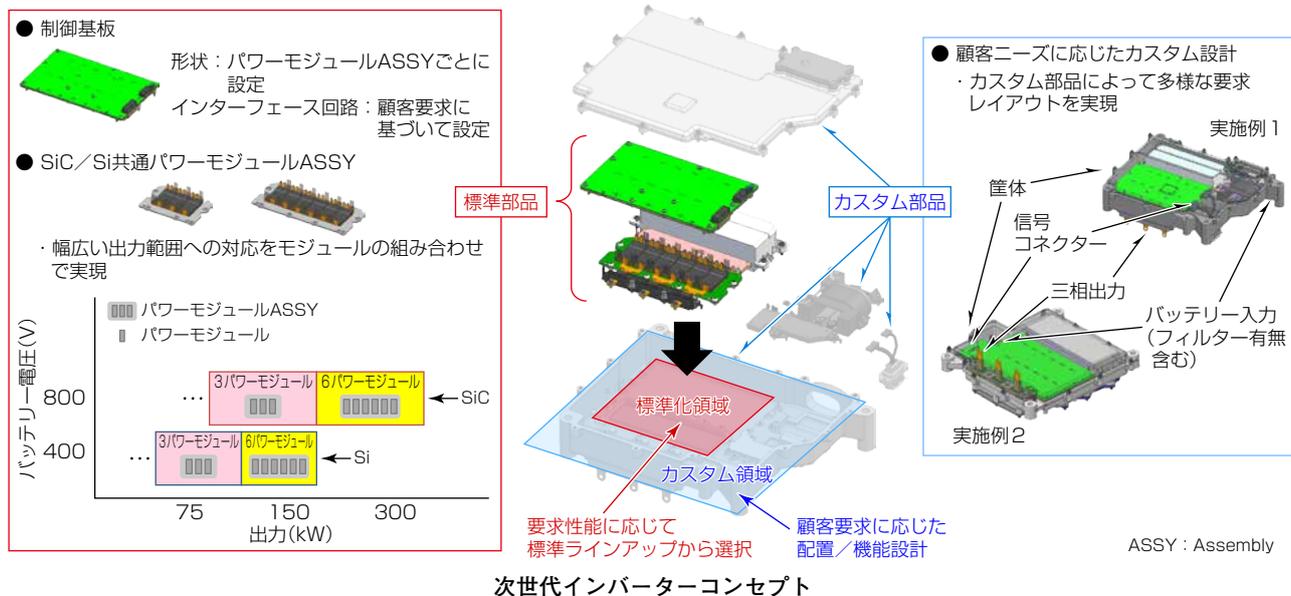
<取り扱い：三菱電機モビリティ(株)>

## HEV/BEV向け車両駆動用次世代インバーター技術

Next-Generation Inverter Technology for HEV/BEV System

HEV/BEV(Battery Electric Vehicle)に使用可能で、多様な要求レイアウトと出力範囲に適応できる車両駆動用インバーター技術を開発した。この技術は、標準化された固定領域と各顧客のニーズに合わせたカスタム設計領域とを兼ね備えて、SiC(シリコンカーバイド)/Si(シリコン)が共通パッケージの三菱電機株製パワーモジュールを採用し、共通化したプラットフォームの下で、顧客の望む様々

な出力範囲と入力電圧に対応する。このプラットフォームの技術によって、各顧客要求に合わせた形状や仕様が異なる機種も共通の生産ラインでの流動を可能にし、量産までのリードタイムを短縮することで、早期量産化を実現する。この技術を次世代インバーターに搭載予定であり、電動モビリティの普及拡大に貢献していく。



<取り扱い：三菱電機モビリティ(株)>

## 車載用オーディオ高付加価値化技術

High Value-Added Technology for Automotive Audio

車載用オーディオアンプは、運転中に車両から発せられる音(コーナーセンサー警告音など)が運転手に対して適切な方向(図1)から聞こえるように感じる(音像定位)が要求される。またその際、シート位置や座高などによって運転手の頭の位置が変わっても音の来る方向が大きく変動しないことが求められる。

三菱電機モビリティ(株)製車載用オーディオアンプ向けに開発した音響技術では、音の到達時間を遅延によって補正する方法、複数個のスピーカーの音圧差を利用する方法と、三菱電機モビリティ(株)が持つ音響技術である音の伝搬経路の逆特性を設定する際のノウハウを組み合わせることで、従来よりも運転手の頭の位置に対するロバスト性を向上させた音像定位を実現した。

<取り扱い：三菱電機モビリティ(株)>

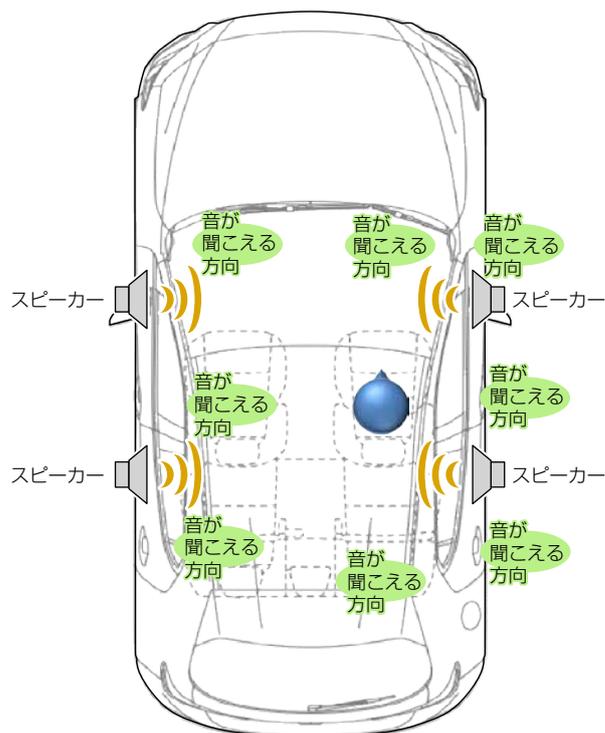


図1-音の定位例