

## Technical Article

## 5G運用を迎えて

— パワーデバイスの進化と課題 —

～デジタル社会は新たな境地へ～

# 1 はじめに

本年より運用が開始された5G。エリアは限定的ではあるものの、東京や大阪といった大都市圏を中心に今後さらなる拡充が見込まれている。連動するようにスマートフォンも5G対応の機種が多く開発されているが、AI制御による組み立てロボットや重機の遠隔制御運用、公道における自動運転試験なども開始され、まさにIoT時代が本格到来しようとしている。通信概念の変革だけではなく、これらの技術は5G×先進デバイスの掛算によって成立する世界となっている。本稿では注目を浴びる5Gの展望と、未来世界には欠かせない1つである「パワー半導体」にスポットをあて論じさせていただく。

# 2 5Gの展望

2001年に3G世代の携帯電話・PHSの大幅な普及に伴い、世界は急激にコミュニケーションの変革をスタートさせた。4Gの完成期ともいえる現代においては、PCやタブレットなどのデジタルデバイスは民間にも大幅に普及している。オンライン技術の発展に伴い気軽に遠隔地の人々とコミュニケーションを取ることも可能となり、電話はもちろんではあるが、メール・SNS・ビデオ通話など、様々なツールを選択するまでに至っている。個と個の繋がりを、個から大多数へ、国内から世界へと変貌させたのである。直接的なコミュニケーションが難しいコロナ禍であっても社会生活や経済活動が成り立っているのは、通信技術の発展による恩恵であることは疑いようのない事実である(図1)

5Gはこの技術をも凌駕し「3超」ともいえる、超高速・超低

遅延・超キャパシティが3拍子そろった移動通信システムである。4Gよりも通信速度が100倍以上速く、10倍以上の機器制御精度があり、あらゆる機器との同時接続が可能な革新的技術である(表1)。

5Gが圧倒的な通信スピードを実現できる要因は、使用する周波数帯にポイントがある。4Gまでの技術では700MHz～3.5GHzの周波数帯が主に使用されてきたが、5Gで使われる周波数帯には「Sub6」と呼ばれる6GHz未満の周波数と、「ミリ波」と呼ばれる30～300GHz(日本では28GHz帯を利用)の2種類の使用が見込まれる。周波数帯幅(広さ)は通信速度に大きく影響し、3.5GHz以下の周波数帯はほぼ使用されていて飽和状況であるのに対し、3.6～6GHz、30GHz以上といった高周波帯は未使用域のため、十分な広さでの割り当てが行え大幅な通信環境の改善が見込まれる(図2)。

また、周波数は高周波であるほど単位時間に扱えるデータ容量が多く、電波の直進安定性も高まるといった性質がある。このため、現在の通信速度をしのぐ速度と低遅延性を獲得できる。しかし、30GHz帯の高周波にはデメリットもあり電波が長い距離を通信しにくく、直進性の強さから障害物による減衰影響が大きいことが挙げられる。このため、特にミリ波帯での通信では多数の「電波中継器」が必要とされている。また、比較的あたらしいWi-Fi中継器にも用いられているが、「ビームフォーミング」という指向性電波の送信技術と組み合わせることで、各機器に効率よく電波を割り当て通信の安定性と速度向上を目指している。よって「ミリ波」を主体とした通信システムの構築には莫大なインフラ投資が必要となるので、4G

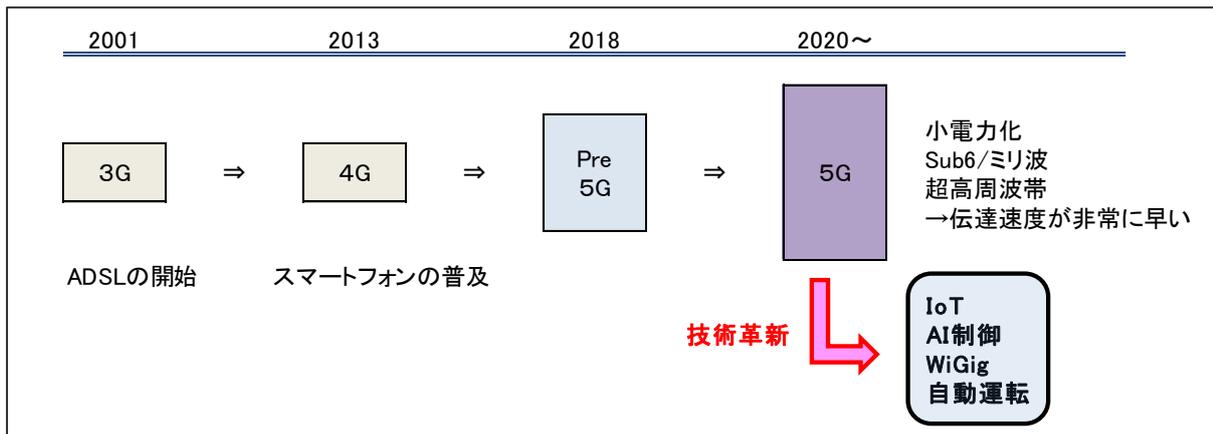


図1 通信技術の推移

	4G	5G
最大通信速度	1Gbps	20Gbps
遅延速度	10ms	1ms
同時接続数(1km <sup>2</sup> あたり)	10万台	100万台
周波数帯	700MHz～3.5GHz	6GHz以下・28GHz

表1 4Gと5Gの相違点

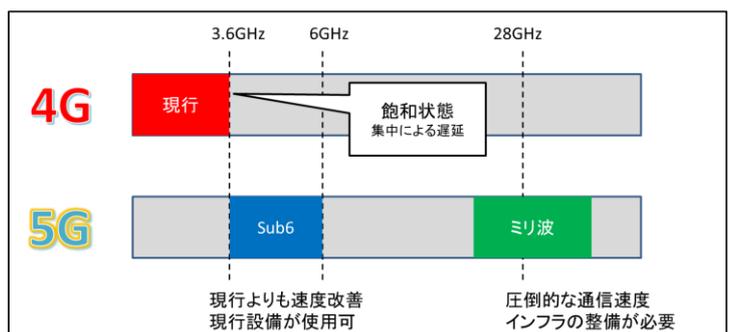


図2 4Gと5Gの使用周波数帯

通信設備が応用展開できるSub6を主流とした5Gが先発して整備されている。

完全な5Gの運用には、クラウドの能力向上、通信目的に応じた確かな容量配分(ネットワークスライシング)などのデータ処理技術の向上も求められている。当面は4Gと5Gのハイブリッド通信「ダイナミックスペクトラムシェアリング(DSS)」構想を基軸とし徐々にインフラ整備を進め、最終的にはミリ波運用を前提とした超高速通信システムが席卷していくこととなるであろう(図3)。

本誌2019年12月号にて既報ではあるが、5Gデバイスには高信頼性が求められ、用途によっては固有振動数の確保

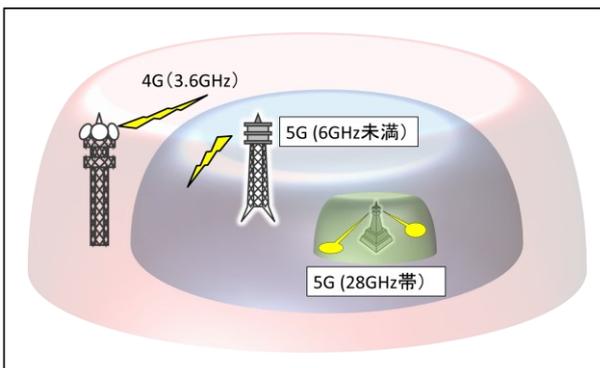


図3 ダイナミックスペクトラムシェアリング(DSS)

やコーティングの接着安定性の観点から、フラックス残渣フリーを求められている。5G対応デバイスは既存のものと比較し、構造がさらに高密度化・多層化する傾向がみられており、低スタンドオフ洗浄の技術も問われることとなり、既存の洗浄技術に捕らわれない柔軟な対応が必要となる(図4、図5、図6)。

その重要性に関しては当社HPも参照いただきたい。

(<https://www.zestron.com/jp/technical-information/more-about-cleaning/5g-cleaning.html>)

### 3 5G下に求められる パワー半導体の姿

5G技術の発展で通信速度の改善がなされる中で、ハード面も呼応して高性能化を果たしつつある。その1つとして需要が高まっているパワー半導体に関して記載させていただく。

パワー半導体は高電圧・大電流を扱うことを目的とした半導体であり、高電圧・大電流に対しても損壊しないよう通常の半導体とは異なった構造を有している。大きな電力を扱うことで電気抵抗により高温化しやすいため、可能な限り電力損失を少なくすると共に、発生した熱を効率よく外部へ放出する工夫が施されている。また、装置の稼働と停止を永続的に反復するため、発熱と冷却を繰り返すこととなる。よって熱変化への耐性(ヒートサイクル耐性)も求められる。MOSFET (Metal-

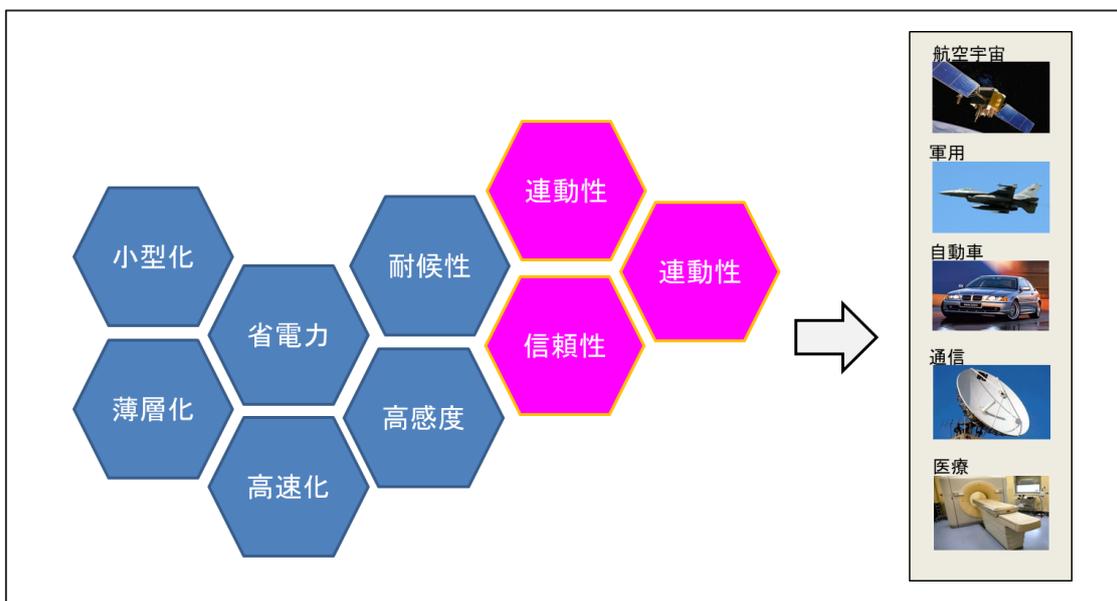


図4 5Gデバイスに求められる要素

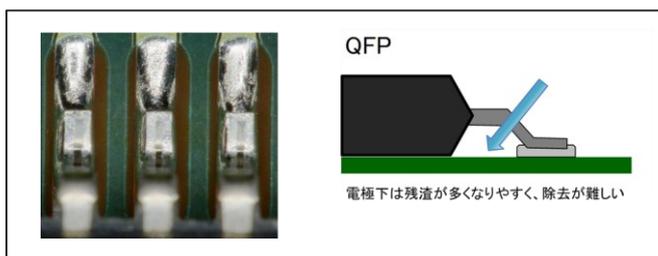


図5 狭ピッチ洗浄



図6 低スタンドオフ洗浄

Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)が現在の主力製品として挙げられる。電圧・周波数を変調し、電源を直流・交流それぞれに変換する用途で使用されており、モーターを低速域から高速域まで効率よく回転させる、発電した電気を低損失で送電するなど、エアコン・IH調理器から新幹線・飛行機・大型重機に至るまで、現代の生活を成り立たせる上で必須デバイスとなっている(図7、図8)

パワー半導体は省エネ需要の高まりから発展してきた経緯があるが、近年は電力の大容量化から電気消費量の低減・効率化を目的として開発が進んでいる。

消費電力の増大は機械動作を「電子制御」すること、さらに動力として電気エネルギーのみで賄う製品が増加していることが挙げられる。かくしてその集大成は電気自動車(Electric Vehicle)といえる。動力はモータ駆動であり、自動運転技術や運転のアシスト機構を搭載することを前提とし、多数の高感度センサーが搭載されているため、パワー半導体の塊といっても過言ではない。こうした電気消費量が増大する背景に伴い、パワー半導体は以下のような大きな進化を遂げつつある。

### 1. 半導体素材

長年Siを主体とし半導体は構成されてきたが、大容量化に伴い絶縁破壊電界強度・熱伝導率の向上が必要とされている。そこで近年はSiC(シリコンカーバイド)やGaN(窒化ガリウム)が新素材として注目されており、実用化された製品も増えてきている。

新規素材はSiでは困難であった高周波帯駆動による高温環境であっても作動を可能とし、少量であってもSi素材の数倍以上の特性が得られるため、デバイスの小型化へ寄与している(表2)

### 2. モジュール基材

パワー半導体は複数組み合わせられモジュール化されるが、基材となるセラミック材も重要な役割を果たしている。

基材には高い放熱性(熱伝導率)と絶縁性が求められる。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(酸化アルミニウム)が主体であったが、熱伝導率が良好なAlN(窒化アルミニウム)や素材強度の高いSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>(窒化ケイ素)なども用いられており、酸化アルミニウム自体の組成改良も行われている(表3)。

### 3. 接合材料

上記でも記載したように、パワー半導体は高温と温度変化への耐性が求められる。よって接合材料はそれらに耐えるものでなくてはならない。稼働電圧や電流が小さいデバイスであれば通常のはんだ接合でも対応できるが、近年にみられるような高電力用途での対応は通電特性やヒートサイクルの観点から使用は難しい。そこでPbSn(鉛含有率が高い仕様)・

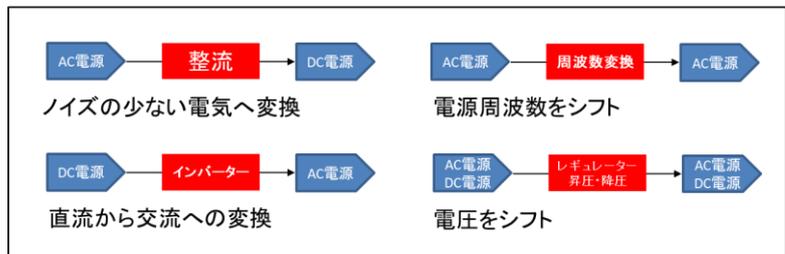


図7 パワー半導体の役割

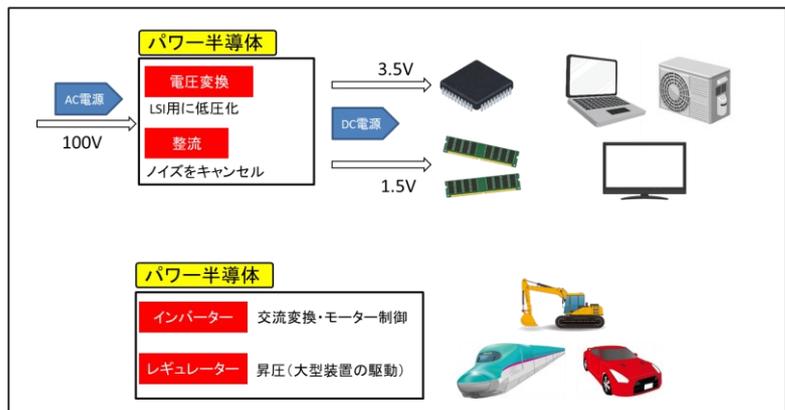


図8 パワー半導体使用例

	Si	SiC(4H)	GaN	Diamond
バンドギャップ(eV)	1.12	3.26	3.39	5.47
電子移動度 μ (cm <sup>2</sup> /Vs)	1400	1000	900	2200
絶縁破壊電界強度 E <sub>c</sub> (kV/cm)	300	2500	3200	10000
熱伝導率 λ(W/cmK)	1.5	4.9	2	20
誘電率	11.8	9.7	9	5.5
用途	汎用	パワー素子(縦型)	パワー素子(横型) 高周波素子	パワー素子 μエミッタ

表2 半導体素子<sup>1)</sup>

素材	熱伝導率 (W/mK)	線膨張係数 (ppm/K)	引張強度 (MPa)	絶縁破壊強度 (kV/mm)	比誘電率
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22~40	6.5~7.2	300~385	10~15	4.5~10
AlN	100~260	2.7~4.6	280~320	15	8.5~10
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	25~35	2.3~3.2	255~690	10	5~10

表3 基材種類と特性<sup>1)</sup>

AuSn・ZnSnといった高融点はんだが接合に用いられている。

しかし、これらのはんだには「法規制」「高コスト」「ボイド制御」といった課題がある。近年注目を集めているのは銀焼結（銀シンター）の接合技術である。銀焼結のプロセスは加圧・焼成により高密度の接合層を形成することが可能で高い接合強度を有しており、「銀」の特性から熱伝導率・低抵抗をも実現している（表4、図9）。

#### 4. モールド樹脂

高い耐候性を得るためにパワー半導体はモジュール化された後、モールド処理（封止）される。特に高電圧・大電流用途の製品では必須となっている。しかし、前述でも述べたようにヒートサイクルによって、構成材料は膨張と収縮を繰り返す過酷な環境下におかれ、密着が不十分であった箇所から剥離してしまうこととなる。接合強度を高めるために、プラスト処理・プライマー処理を施工し強度アップをはかっている（図10）。

### 4 パワー半導体 ＝「洗浄工程」の重要性＝

新しい技術を集約しパワー半導体はより高性能化しさらなる進化を遂げようとしている。しかし本来の性能を発揮するためにも「新たな洗浄」という課題を抱えている。本項ではなぜ新たな洗浄技術が必要となっているのか論じていきたい。

#### 1. 有機物残渣の除去

はんだ付け後にはフラックス残渣が残留することとなる。やはりモールドの密着性不良や、ワイヤボンディング時の接合不良の要因となりうるので、完全な除去が求められる。しかし、使用されるはんだは高温下での耐熱性確保やはんだの形状

合金組成	融点 (°C)	硬度	引張強度 (MPa)	熱伝導率 (W/mK)	線膨張係数 (ppm/K)
PbSn (高Pbはんだ)	300 or 315	8	23.5	35	29.1
AuSi	363	86	255	27.2	14.9
AuGe	356	108	185	44.4	12
AuSn	280	275	275	57.3	17.5
Zn Al Ge	359 or 375	140	140	120	-
Zn Sn	199 or 395	80	80	110	-

表4 高温対応はんだ材料<sup>1)</sup>

保持性を維持するために、様々なポリマなどの耐熱素材が付与されており、その多くは難溶性物質となる。また、この難溶性素材は300°C以上の高温下で加熱されるため、従来のPbフリーはんだと比較しても強固な固着となっており洗浄は決して容易ではない。また、銀焼結（シンター剤）においても構成成分として有機物は使用されているため、同様の事象が生じる。

#### 2. 銅酸化物の除去

大容量のパワー半導体であればあるほど、高温下での接合を余儀なくされている。これは前項で記述したように300°C以上での接合が必須となっているためである。この影響で基材として用いられている銅は著しい酸化が伴う。

酸化した銅は熱伝導率が真銅と比較し100分の1程度となってしまう、パワー半導体の生命線である放熱特性に大きな影響を及ぼす。また、銅の酸化はモールドの密着性不良や、ワイヤボンディング時の接合不良の要因ともなりうるので銅表面の還元処理は必須となっているのである（表5）。

#### 3. 残留イオンの除去

イオンは材料付着由来のコンタミネーションとはんだ材料などに含まれる構成原料由来のもの（活性剤など）に分別される。イオンは目視での確認が難しく、仮に残留した場合は単に絶縁特性に影響を及ぼすだけでなく、マイグレーションの原因となりえる。パワー半導体は高電圧・大電流なので従来製品と比較してもマイグレーションを引き起こす可能性はより高いといえる。イオン物質は「水」のような極性溶媒でなくては除去が難しい。従来のパワー半導体は、リフロー条件と

物質	熱伝導率 [gJ]/[cm・s・K]
銅 (Cu)	4.01
酸化銅Ⅱ (CuO)	0.0322
酸化銅Ⅰ (Cu2O)	0.0374

表5 酸化による熱特性の変化

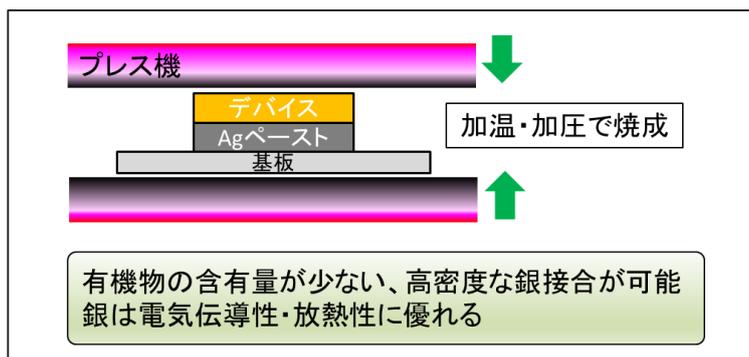


図9 銀焼結の結合手法<sup>1)</sup>

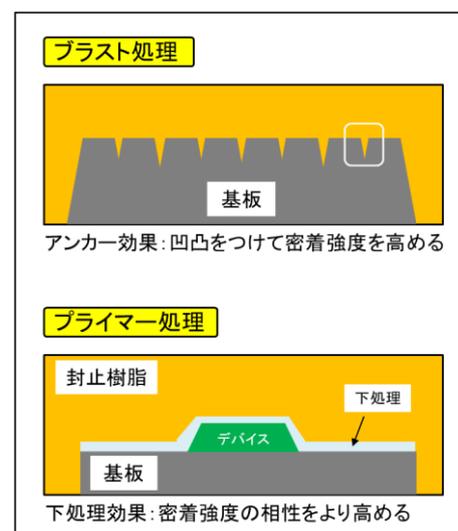


図10 密着度を向上させる手法<sup>1)</sup>

して最大加温250℃前後・窒素雰囲気による制御が十分に行える環境下で製造され、銅酸化の問題が起きにくく、フラックス洗浄性も汎用の洗浄方式で対応が比較的容易であり、洗浄工程は一種の「完成形」となっている。

しかし、大容量のパワー半導体において本項で論じてきた理由から洗浄は容易ではなく、銅酸化物を除去し有機物残渣・イオンを複合的に対処できる洗浄は技術的にハードルが高い。

各残留物に特化した洗浄を複数回行うことで対応は可能ではあるが、工数のアップで生産工程は長くなり、結果としてコストアップにつながってしまい莫大な設備投資も必要となってしまう(例…フラックス洗浄+銅還元処理(酸処理など))(図11)。

## 5 パワー半導体における洗浄課題に向けた取り組み

前項では、5G技術の発展のために必要不可欠なモジュールの1つであるパワー半導体に求められている性能と、それを成しえるために洗浄の側面から見た課題点について記載させていただいた。本項では、浮き彫りとなっている課題点に対するアプローチ方法について、当社の水系洗浄剤『VIGON PE 180』のご紹介とともに記載させていただく。

すでにご存じの方も多いと思うが、一般的な洗浄の方式は、メディアと呼ばれる微粒子を用いたショットプラストなどの物理的方法やコロナ・プラズマなどの高電圧を利用した化学的方法に代表されるDryプロセス、液への浸漬や噴霧などの接液状態で洗浄するWetプロセスに大別される。

特に電子基板上的フラックスや有機物などの除去を目的とした洗浄としては、作業性やコスト、立体形状への適応力の観点からWetプロセスによる採用が多い。特に電子基板に

おいては、搭載される部品の小型化、高密度実装が発展していく中で実装部品同士の間隔や部品と基板の隙間が狭小など液の浸透性を利用した洗浄プロセスでなければ成立しないといっても過言ではないだろう。

では改めてパワー半導体における洗浄課題に対してのアプローチと得られる効果について述べさせていただく。

### 1. 有機物残渣の除去

はんだ付け後のフラックス残渣やシンター接合後の有機物残渣には、構成される成分や接合温度に起因してそれぞれに異なる洗浄作用が求められる。

フラックス残渣では、従来の溶剤系に代表される溶解性洗浄剤のようにフラックスとの相溶性に優ればより良い洗浄効果が得られることは既知ではあるが、近年、低ボイド性やサイクル安定性などの理由から選択されている無洗浄タイプはんだのフラックス洗浄を必要とするケースが多くなった結果、ポリマなどの難溶性成分の溶解不足により洗浄が困難なケースが出てきている。

無洗浄タイプのフラックスを洗浄する理由については、本誌2018年12月号の当社記事を参考としていただきたい。

また、高温領域でははんだ接合やシンター接合による有機物残渣では、強固な固着状態であり、かつ変性などしていることからより洗浄が困難な状況となっている。この課題に対してのアプローチの一例として、溶解作用だけに頼るのではなく基材から固着物自体を剥離させる作用を有した洗浄剤を提案したい。

当社水系洗浄剤の『VIGON PE 180』は、MPC(Micro Phase Cleaning)を利用した洗浄剤で、特殊配合された洗浄剤が有する極性的な作用によって【溶解⇄剥離】が連続的に発生し難溶性成分に対しても効果的に洗浄を可能とするため開発さ



図11 新たなパワー半導体の課題

れている<sup>2)</sup>。

図12には、無洗浄タイプのフラックスを一般的な溶解性洗浄剤と当社洗浄剤の『VIGON PE 180』によって洗浄した比較写真を示してある。

一般的な溶解性洗浄剤では白濁した洗浄残渣が確認される一方で、溶解が困難な対象であっても【溶解⇔剥離】洗浄の『VIGON PE 180』では、残渣は目視で確認されない。

実装部品を剥離した部分の外観検査ではさらにその差は顕著であり、一般的な溶解性洗浄剤では洗浄前から不変である一方、『VIGON PE 180』では、当該部分についても残渣は目視確認されない。

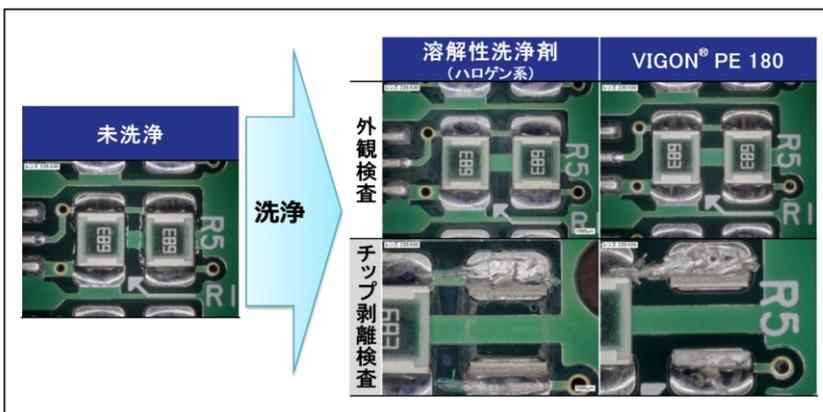


図12 一般的な溶解性洗浄剤と当社洗浄剤の結果比較<外観>

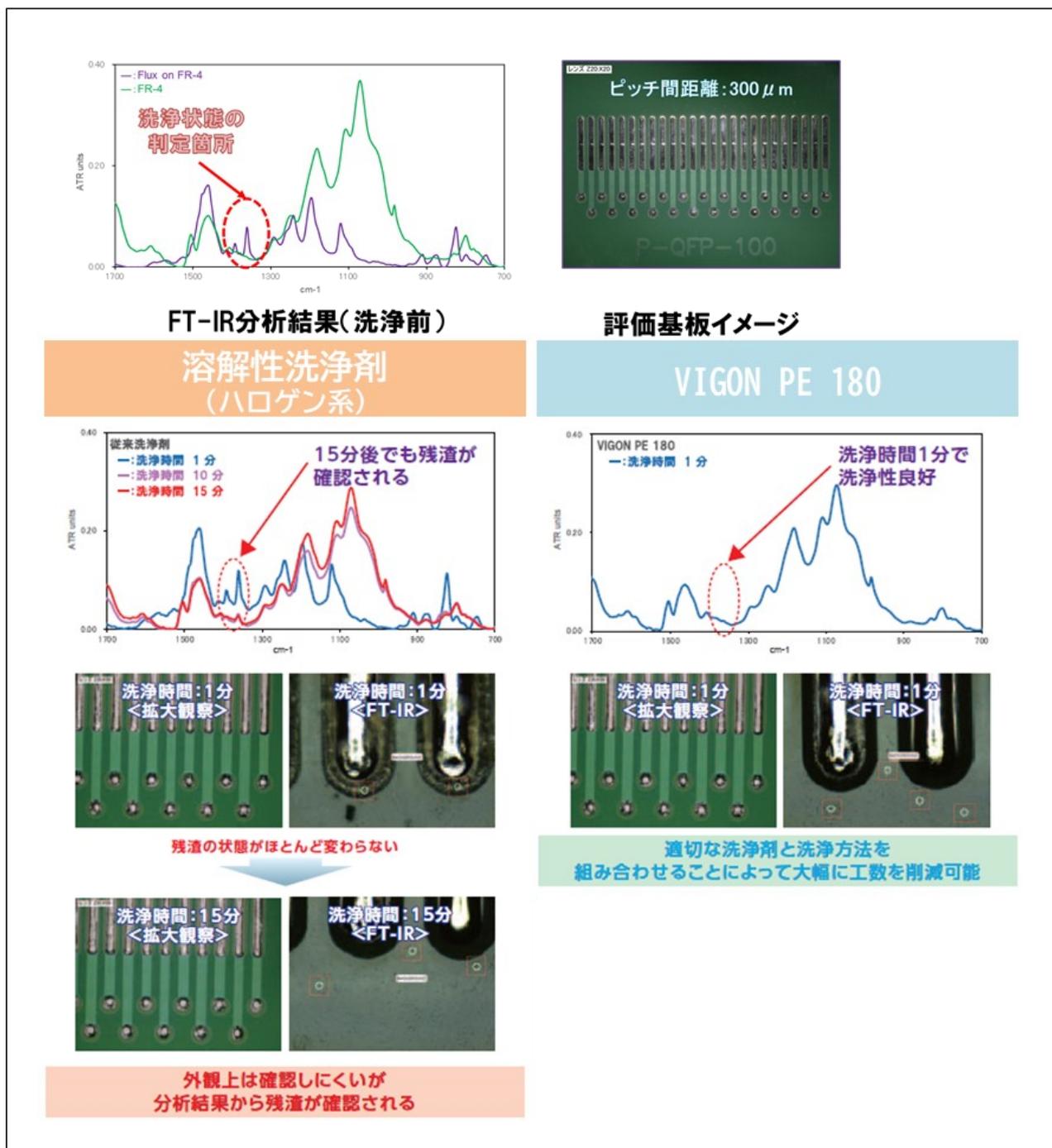


図13 一般的な溶解性洗浄剤と当社洗浄剤の結果比較<FT-IR>

従来はこのような外観検査による判定を行って清浄度を確認していることが多いが、ここではさらに踏み込んだ残渣確認の方法を紹介したい。

洗浄の対象となる有機物残渣は、接合材由来成分だけでなく外的環境から由来するものなど様々なものから構成されており、通常、有機物は有色、かつある程度の厚さがないと目視確認は困難である。

この課題に対して当社では清浄度の確認方法として、赤外分光光度計 (FT-IR) を使用した有機物残渣の確認が必要と判断している。

この方法は、ほとんどの有機物について微量であっても感度良く定性的な検出が可能な方法として古くから利用されている。

近年では顕微鏡を用いた多数点同時測定法が可能な装置も上市している。さらに、有機物残渣の固着範囲はある程度限定されている(推測が可能な)ことから、スポット的な分析であっても清浄度判定に対してのFT-IRの利用価値は非常に高い。

図13ではFT-IRで得られるフラックス残渣のスペクトルの一例を示している。一般的な溶解性洗浄剤では、15分の洗浄時間を経て外観上はフラックス残渣が一見無いように見えるが、FT-IRによる分析結果からは、フラックス残渣由来のスペクトルが確認されている。

その一方、『VIGON PE 180』によって洗浄時間1分で洗浄した基板上では、外観だけではなくFT-IR分析の結果からも表面が高い清浄度を有していることが確認されている。

製品の置かれる環境や仕様によってはこの目に見えない程度の残渣によっても重大な不具合は発生することがある。高い信頼性を求めるためには、顕微鏡による目視確認だけに頼るのではなく、後述する手法を含めて各種の分析を併用することが重要である。

## 2. 銅酸化物の除去

銅酸化物の除去が必要な理由はすでに述べたが、新たに銅表面の還元処理工程の一つのプロセスとして導入するには

様々なハードル(たとえば設備費、設置面積、管理項目の設定など)がある。

もしも先述した有機物残渣の洗浄工程を導入するだけでこの還元処理工程が不要となるとしたらそのメリットは大きい。それが『VIGON PE 180』では可能となる。

『VIGON PE 180』には、有機物残渣の除去だけでなく銅酸化物の除去効果、さらには再酸化防止の作用があらかじめ付与してある。

『VIGON PE 180』が有する銅酸化物の除去作用は酸性及びアルカリ性雰囲気でのエッチング作用ではなく、液性が中性で設計されていても発現していることが大きな特徴となる。この結果、金属、樹脂を問わず様々な素材との適合性が高い洗浄剤となっている。

この洗浄剤が開発された経緯として、パワー半導体系部品において諸性能を満足するためにはフラックスを始めとする有機物残渣の除去が必須化すると判断し、洗浄性だけでなくユーザーへの付加価値を追求した先に生まれた製品と当社では位置付けている。

銅酸化物について、除去効果を簡易的に確認した結果を図14、表6に示している。パワー半導体の基板として用いられるDBCには、その求められる特性から各社様々な組成の銅合金を採用している。

今回は一般的な銅合金よりも卑弱である純銅(C1020)板を試験片として用いた。確認方法は250℃に設定したホットプレート上で20秒加熱し、銅酸化状態とした試験片を用いて、『VIGON PE 180』と溶解性洗浄剤、酸のそれぞれで試験片表面を処理した。

各試験片の外観状態を比較すると、溶解性洗浄剤では初期状態からの変化は確認されず、また、酸による処理では酸化物は除去されているが、表6の結果からも明らかのように銅の表面形状(粗さ、光沢度)が変化してしまっている。

これに対し、『VIGON PE 180』では、表面形状に影響を与えずに銅表面の酸化物を除去できていることがわかる。

一般的に銅酸化物を除去する方法は多数あるが、形状に影響を与えずに処理が可能であること、さらには本来目的としている有機物残渣の除去工程に特別な工程を追加することなく銅酸化物の除去と再酸化防止処理が同時進行で可能であることから、『VIGON PE 180』の生産工程への寄与は相当に大きい。

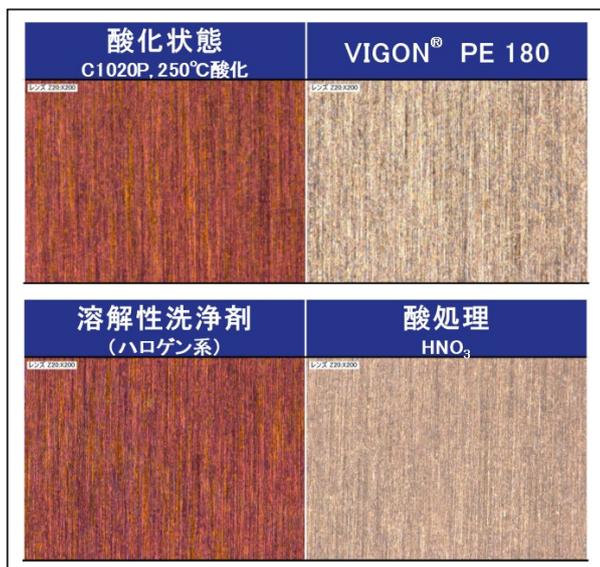


図14 銅酸化物の除去効果

対象	表面粗さ		光沢度		
	Ra [μm]	Rz [μm]	Gs(20°)	Gs(60°)	Gs(85°)
未処理Cu	0.155	1.045	67	140	104
酸化状態 (C1020P, 250℃酸化)	0.155	1.045	39	110	95
VIGON® PE 180	0.155	1.030	86	181	109
溶解性洗浄剤 (ハロゲン系)	0.165	1.050	33	81	93
酸処理 (HNO <sub>3</sub> )	0.240	1.950	10	47	68

表6 銅酸化物の除去効果

### 3. 残留イオンの除去

残留イオンの発生源やそれにより引き起こされる問題として、①イオンの残留物による直接的な影響、②マイグレーションの発生、については前述したが、この項では②についてさらに深掘りしたい。古くからイオンを原因としたマイグレーションの発生については論じられており、その発生状態にはいくつかあることが知られている。

当社は、その発生状態を次の3つに大分類(表7)している。

①アノードマイグレーション(AMP)、②電気化学的マイグレーション(ECM)、③イオンマイグレーション(CAF)。

特に当社は近年AMPについての探求を進めている。AMPは電子基板とそれを保護するためのコーティング層間で発生する短絡現象で、コーティング前の基板表面の清浄度(イオンを含む)が大きくかかわっていることが明らかとなっている(図15)<sup>3)</sup>。

実際、当社の本拠地があるドイツにおいては各自動車メーカーの協力を得て発生要因の解析と洗浄工程に係る設計検証プロセスを含めた提案活動を続けている。この探求<sup>5)</sup>については別の機会で述べさせていただく。

さて本題に戻るが、残留イオンにより起こりえる問題点として

AMPに着目すると、基板表面にイオンを含む残留物や有機物残渣が存在する中でコーティング(モールド含む)処理を施した際には、本来のコーティング接着対象である基板表面や金属表面との接合の概念が異なることから、コーティング本来の特性(保護性、接着強度)を発現することができず、不具合が発生してしまう可能性がある。これを防ぐため

には残留物を除去すればよい。

有機物残渣の除去については前述したが、一般的にイオンは有機溶剤などの非極性溶媒では除去が困難であり、純水のような極性溶媒、かつ低い電気伝導度で管理されている必要がある。

仮に有機溶剤主体の洗浄剤中にイオンを存在させたとしても許容量は微小であり、かつ蒸留再生などの工程によるイオンの除去は困難なため、イオンの濃縮が起こって対象物への再付着は抑制できなくなる。この結果、液の廃棄や交換の作業が必要となる。

それに対し、水を主体とした洗浄剤による洗浄工程では、効果的にイオンを除去可能となる。これまでに紹介してきた『VIGON PE 180』は、水を主体(約8割)とした洗浄剤であり、通常は洗浄工程後に水を使用したリンス工程を経て洗浄対象をさらに清浄化することから、高いイオン除去効果と再付着の抑制が可能となる。

さらに、一般的なイオン交換樹脂を用いて使用済みのリンス水を再生可能なことから、クローズド環境で運用することもでき、廃水にかかるコスト低減効果も期待できる。生産量や工

略称	名称	内容
AMP	Anodic Migration Phenomenon	プリント基板内層のガラス繊維とエポキシとの境界で陽極から溶出した金属イオンが析出したものに起因する短絡現象 <sup>3)</sup>
ECM	Electro Chemical Migration	コーティングされていないアッセンブリにおける高温高湿耐性評価にて発生する短絡現象(IPCで定義された用語)
CAF	Conductive Anodic Filament	プリント基板内層のガラス繊維とエポキシとの境界で陽極から溶出した金属イオンが析出したものに起因する短絡現象 <sup>4)</sup>

表7 マイグレーションの種類

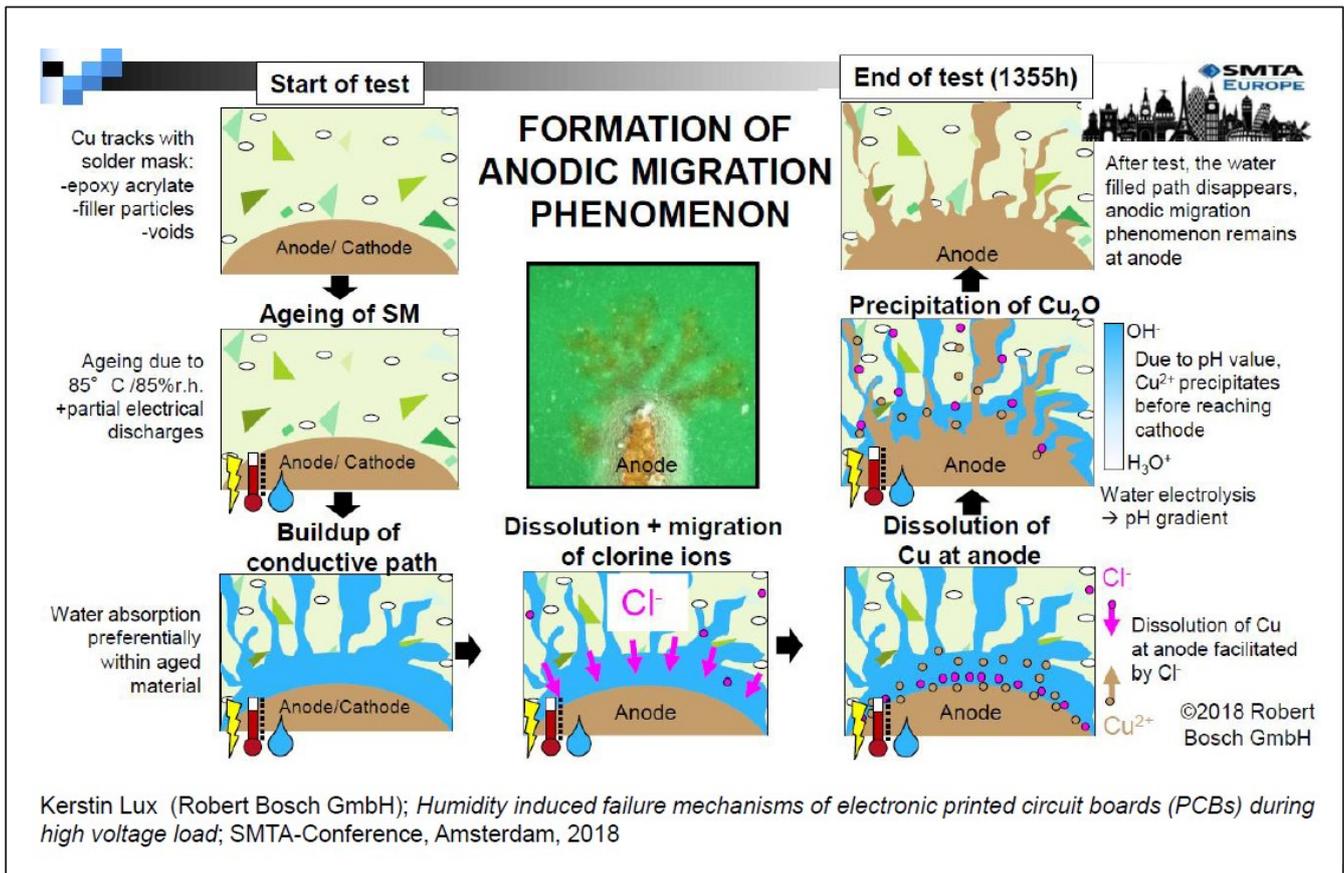


図15 AMP発生メカニズム

場施設に応じて一部または全部をオープン環境にするなど、様々なコストシミュレーションを通じて洗浄工程の最適化・経済化を図ることができる。

また、残留イオンに関する清浄度の確認方法については、残留イオンが目視確認できない状態で存在することが多いため、SEM-EDSやイオンクロマトグラフィーを活用して清浄度判定を実施していく必要があるが、確認するためには手法を含めて様々なノウハウが存在する。

第3項から本項では、5G技術の発展のために必要不可欠なモジュールの1つであるパワー半導体に求められている性能と、それを成しえるために抽出した課題点、解決策について述べてきた。

結果として、【洗浄】と一言で表しても実際の洗浄対象は多種多様であり、課題を解決するべく洗浄するためには多方向からのアプローチが必要であるといえる。

当社の洗浄剤『VIGON PE 180』は、これらの課題点に対して一つの解決策となることが望める。

## 6 今後の展望

本稿では5G運用が整備されていく中において、パワー半導体にクローズアップし洗浄液メーカーの視点から諸性能を満足させるための課題点の抽出とその解決策を記述したが、5G関連技術の対象製品はIoTに関連する高速相互通信モジュール、アンテナ基地局やADAS、電気自動車に関連する各種センサ、統合コントローラ、モータ制御など、一例をあげただけでも構成される部品の裾野は相当に広く、また多種多様である。

ただ、筆者としてはこれらの製品に求められていることは高速で安定した情報の伝達の達成であり、これを成しえるためには製品をいかに設計どおり、かつ信頼性高く生産するかが重要であり、各業界や各メーカーはそれに向かい様々な評価や規格を模索しているとらえている。

また、高速通信は5Gにとどまらず6Gなど次世代規格に向けて対応すべくすでに動きは始めていることから、量産品での設計時性能の実現と信頼性を担保するために今回記述した課題点を含めて試行錯誤を続けていくことだろう。

当社としても『VIGON PE 180』のブラッシュアップや浮き彫りとなっていない新たな課題を解決するための製品開発と洗浄手法の提案について立ち止まることなく挑み続けたい。

### 【執筆】

ゼストロンジャパン株式会社

加納 裕也、佐藤 剛文

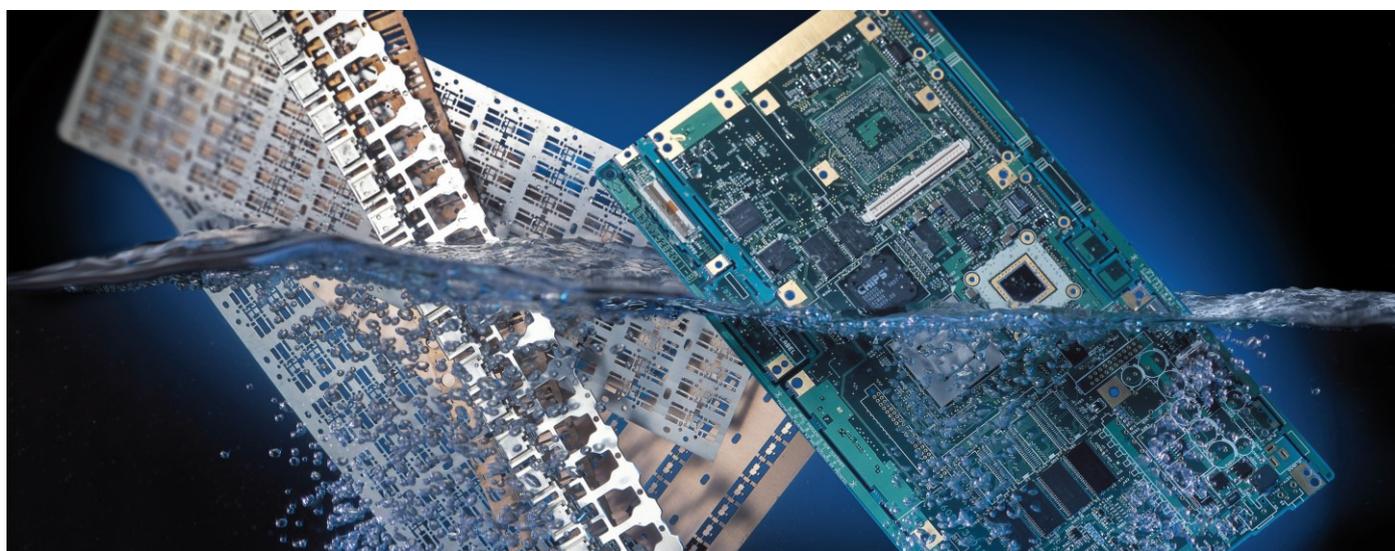
### 【協力】

大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学

専攻 舟木 剛 教授

### <引用文献>

- 1) 舟木 剛 教授「パワー半導体セミナー」(2019年12月4日)
- 2) エレクトロニクス実装技術 2018年12月号
- 3) 「Kerstin Lux: Humidity induced failure mechanisms of electronic printed circuit boards during high voltage load: SMTA-conference, Amsterdam, 2018」
- 4) エスペック技術情報 No.54、2006
- 5) GfKORR (Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.)  
ガイドライン



# 技術資料一覧

## 洗浄効果の立証はできていますか？

～清浄度評価の課題～

2019年12月 加納 裕也

## 次世代洗浄の新たな課題 洗浄方法の適正化

～洗浄技術も進化が問われている～

2018年12月 加納 裕也

## はんだ洗浄の今を探る

～はんだの進化と洗浄～

2017年12月 加納 裕也

## 有機溶剤削減の実情

～水系洗浄剤の可能性～

2017年5月 加納 裕也

## 洗浄機構の見直し

既存洗浄方式の限界 難関洗浄への挑戦

2016年12月 加納 裕也

## 洗浄液の適切な選択

— 環境保全だけでなくランニングコスト・健康リスクを低減させる —

2016年5月 加納 裕也

過去の技術資料をご希望の方は、弊社までお問合せいただくか、  
右記のQRコードよりお申込みください。



# **ZESTRON**

*High Precision Cleaning*

●お問い合わせ先

## **ゼストロンジャパン株式会社**

〒253-0111 神奈川県高座郡寒川町一之宮4-17-16  
TEL..0467-53-8658 FAX.0467-53-9515

Email. [infojapan@zestron.com](mailto:infojapan@zestron.com)

<http://www.ZESTRON.com>