

事業部展望 電子事業部

1 事業の現状と展望

1.1 事業の現状

当社電子事業は、発展する我が国半導体産業に様々な化学分析サービスを提供させていただくことによって成長して参りました。1980年代後半、半導体の高集積化に伴い、化学汚染がデバイスの歩留まりに大きく影響する事態となりました。今では当たり前のこととして管理されている化学汚染ですが、当時は電子顕微鏡等を用いて不具合の箇所と原因が特定できる粒子による汚染のみを制御対象としていましたので、高集積化進展で突然現れた未知汚染源の化学物質への対策に苦慮することとなりました。この時から、化学分析の高度な専門知識や豊富な知見は電子・電機産業の発展にとって重要なものとなりました。当社では、半導体を中心とする電子・電機産業における化学汚染制御ニーズの高まりに応えるべく、クリーンルームエアやウェーハ表面等の化学汚染についての高感度・高精度分析技術を開発し、現在では世界最高水準の感度・精度での微量化学汚染分析サービスを電子・電機産業のお客さまへ提供できるようになりました。

また、最近では、電子・電機産業における成長分野と位置付けられたエネルギー、ナノテク・材料、ライフサイエンス（医療・介護機器）などの各分野に向けての分析・試験サービスも積極的に展開しております。エネルギー分野では、グリーンイノベーションやスマートグリッドをキーワードとし、発電・蓄電用電池やパワー半導体などのエネルギー関連の製品や材料に対する分析・試験サービスを提供致します。ナノテク・材料分野では、先端的なカーボン材料や有機エレクトロニクス材料などの構造解析や不純物分析を提供しております。また、研究開発中の

材料で標準的な電池や素子を当社で作製して評価するサービスも一部実施しております。ライフサイエンス分野では、医療機器に使用される材料の分析・試験や医療用センサーの性能特性評価サービスなどの提供も進めています。

1.2 事業の展望

日本の電子・電機産業は、現在、これまでに経験したことのない大転換期を迎えています。電子・電機各社は、熾烈なグローバル競争を勝ち抜くため、エネルギー分野やライフサイエンス分野などへの集中や既存中核事業の国際競争力強化へ向けての構造改革を断行しています。また、日本が高い国際競争力を有する電子部品、先端材料、製造装置（ロボットを含む）のメーカー各社は、既に国境を超えて世界の巨大企業を顧客とした世界基準でのビジネスを展開しています。日本の電子・電機産業がグローバル競争の荒波を乗り切ろうとしている今、当社電子事業もお客さまの今後の事業発展を支援させていただくべく、分析・試験サービスの拡充・高度化とグローバル化を計っております。当社の強みである高感度・高精度の化学分析は、先端材料や次世代の各種デバイスの開発を推進しておられるお客さまのニーズに十分お応えで

きるよう、分析・評価技術のさらなるレベルアップと拡充に努めています。エネルギー分野、新材料・ナノテク分野、ライフサイエンス分野等の先端分野に対応できる最新の分析・試験サービスの開発も鋭意進めています。また、お客さまのグローバル展開を支援できるよう、海外向け分析・試験サービスを急速に充実させつつあります。すなわち、お客さまが求める最先端の分析・試験サービスを、海外においても国内と同様に提供すべく、体制整備を進めており、特に東アジアのお客さまへの分析・試験サービスの充実を当面の目標として取り組んでおります。お客さまの発展とグローバル競争での勝利を支援する『お客さまのサテライトラボ』として、当事業部は技術力の向上と海外サービスの充実を進めてまいります。

2 重要技術・商品の紹介

2.1 電子事業部の主な分析・試験サービス

当事業部では、電子デバイス評価、エネルギーデバイス評価、電子工業用原材料評価、電子部品評価、クリーンルームエア評価の5つを主な分析・試験サービスとして提供致します。各分析・試験サービスの主な分析・評価技術を表1に示します。電子・電機産業

表1 電子事業部の主な分析・試験サービス

主な分析・試験サービス	主な分析・評価技術
電子デバイス評価	表面分析、薄膜・層構造解析、不良解析、微量汚染分析 等
エネルギーデバイス評価	各種電池（太陽電池、リチウムイオン二次電池、燃料電池等）の構造解析、電池材料解析、電池劣化評価 等
電子工業用原材料評価	高純度試薬、ガス等の不純物分析、基板材料（シリコン、石英、SiC等）やナノ材料等の評価・観察 等
電子部品評価	特殊環境試験、信頼性試験、非破壊観察・解析、アウトガス分析 等
クリーンルーム評価	クリーンルーム清浄度評価、ミニエンバイロメント評価、建材・装置構成部材の評価 等

における研究開発から生産管理まで、各種分析・試験サービスによって幅広くお客様のニーズにお応え致します。

2.2 重要技術・商品の紹介

(1) ウェーハの超微量分析技術

半導体や化合物半導体など電子デバイスの製造工程では、信頼性や歩留まりを高めるために製造工程における汚染量を厳しく管理する必要があります。特にシリコンウェーハに対する汚染制御の要求レベルは高く、近年ではウェーハ表裏面のみの管理では大きな改善が望めず、ウェーハの微小外周部（エッジやベベル）の汚染制御も厳しく求められはじめました。ウェーハ微小外周部の汚染を評価するためには、微小外周部のみの汚染物質を高精度で回収する技術が必要となります。

当社では、独自に開発したウェーハ外周部汚染回収技術によって、外周端から 0.3mm を最小とした汚染回収とその分析が可能です（図 1）。この技術では、0.1mm ピッチでウェーハ微小外周部のみに溶液を接触させ外周部に付着する汚染物質を回収します。その感度は、300mm ウェーハエッジ部の金属汚染の場合で、 10^{+9} atoms/cm² オーダーにも達します。

当社では、超高感度分析を実現するため、分析対象物質に合わせて金属フリー、有機物フリー、イオンフリーの 3 種類の専用クリーンルームを備え、高度な汚染制御の環境下に世界最高水準の超微量分析を提供致します（図 2）。超高感度分析を行うためには、分析前処理を行う環境や使用する薬品などからの汚染を極限まで下げることが重要

となります。当社では、分析専用クリーンルームや使用する薬品の自社精製など独自の設備・技術を駆使して高清晰度を制御し、超高感度分析を実現しています。超高感度分析技術は、半導体産業をはじめとした電子・電機産業の様々な分野で製品の歩留まり向上や不良解析などに活用頂いています。

(2) 有機 EL や有機太陽電池などの有機エレクトロニクス分野向け分析・試験技術

有望な次世代技術として、有機 EL (Organic Electro Luminescence) や有機太陽電池などの有機エレクトロニクスに関する研究が活発に進められています。このような有機デバイスの評価においても、シリコン等を材料とする従来の無機デバイスと同様、デバ

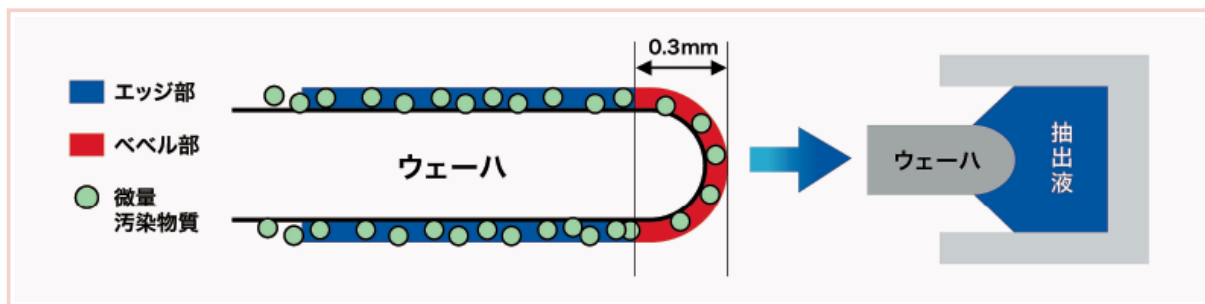


図1 ウェーハエッジ部及びベベル部の金属汚染回収システム

金属汚染フリークリーンルーム



有機汚染フリークリーンルーム



イオン汚染フリークリーンルーム



図2 超高感度分析用コンタミネーションフリークリーンルーム

イスの断面観察や構造解析が重要となりますが、無機デバイスとは材料特性が大きく異なる有機デバイスでは、それに適した新たな観察や構造解析技術が必要となります。以下に、当社が有機エレクトロニクス分野向けに開発した分析・試験技術の一部を紹介します。

① 有機薄膜の断面構造解析

電子デバイスの構造解析においてナノ領域を対象とした場合、一般に透過型電子顕微鏡 TEM (Transmission Electron Microscope) が多く用いられます。有機デバイスである有機 EL や有機薄膜太陽電池などの薄膜構造観察や層分離構造評価においても TEM が用いられますが、透過させる電子線の加速電圧を下げたり、試料を染色したりする等の一般的に有機材料を識別するための手法では有機薄膜の層分離構造やバルクヘテロ構造を明瞭に観察することは困難でした。当社では、有

機薄膜の断面構造解析について、世界最高水準の性能を有する TEM を用い、低加速 STEM (Scanning TEM) と EF-TEM (Energy-Filtering TEM) の技術を応用して、高倍率での有機薄膜の断面構造観察を実施致します。ここでは、電子エネルギー損失分光法 EELS (Electron Energy - Loss Spectroscopy) を適用した元素分析や結晶性評価を組み合わせた高次構造解析の 1 例として、ナノ構造体の断面構造観察を紹介致します。EELS は、入射電子のエネルギーが試料との相互作用の過程で失われる量を計測する分光法であり、エネルギーを失わず散乱された電子線強度 (ゼロ・ロス)、外殻電子との相互作用によってエネルギーを損失した電子線強度 (プラズモン・ロス)、内殻電子との相互作用によってエネルギーを損失した電子線強度 (コア・ロス) の 3 種類のピークを EELS スペクトルとして計測することができま

す。TEM では試料を透過した電子線を像として観察しますが、EF-TEM では、入射電子の損失エネルギー (EELS スペクトル) を解析して像として観察します。EELS の応用によって従来は困難であった有機薄膜の層分離構造観察などが可能となりはじめました。ナノ構造体観察の例として N 型有機材料 (フラレン誘導体) 層の中に埋め込まれた P 型有機材料である銅フタロシアニン (CuPc) のシリンダ構造の観察結果 (図 3) を示します。TEM 像では観察が困難であった CuPc のシリンダ構造が EELS を用いたフィルタリングイメージ技術を用いることによって明瞭に観察することができました。

② 有機デバイス中不純物の *in-situ* 測定技術

電界誘起電子スピン共鳴 FI-ESR (Field-Induced Electron Spin Resonance) を用いれば、有機デバ

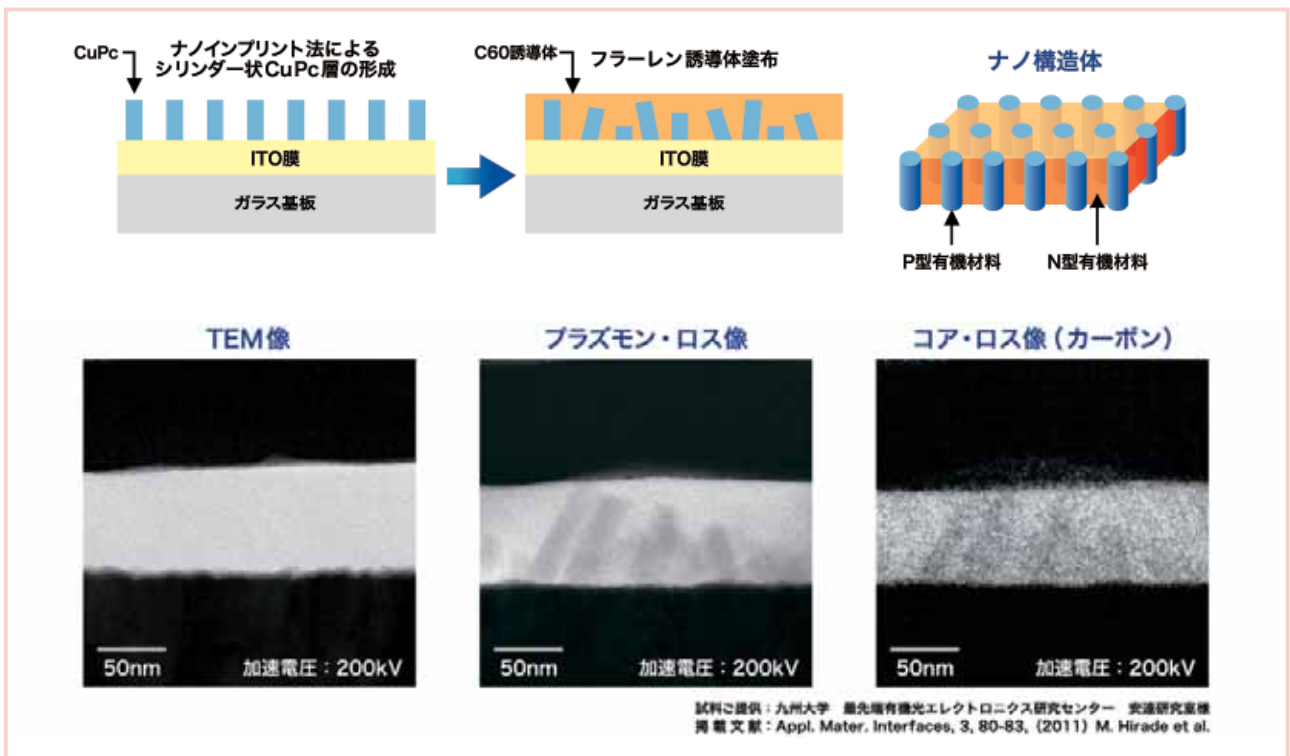


図3 FE-TEMによる有機薄膜層の断面観察

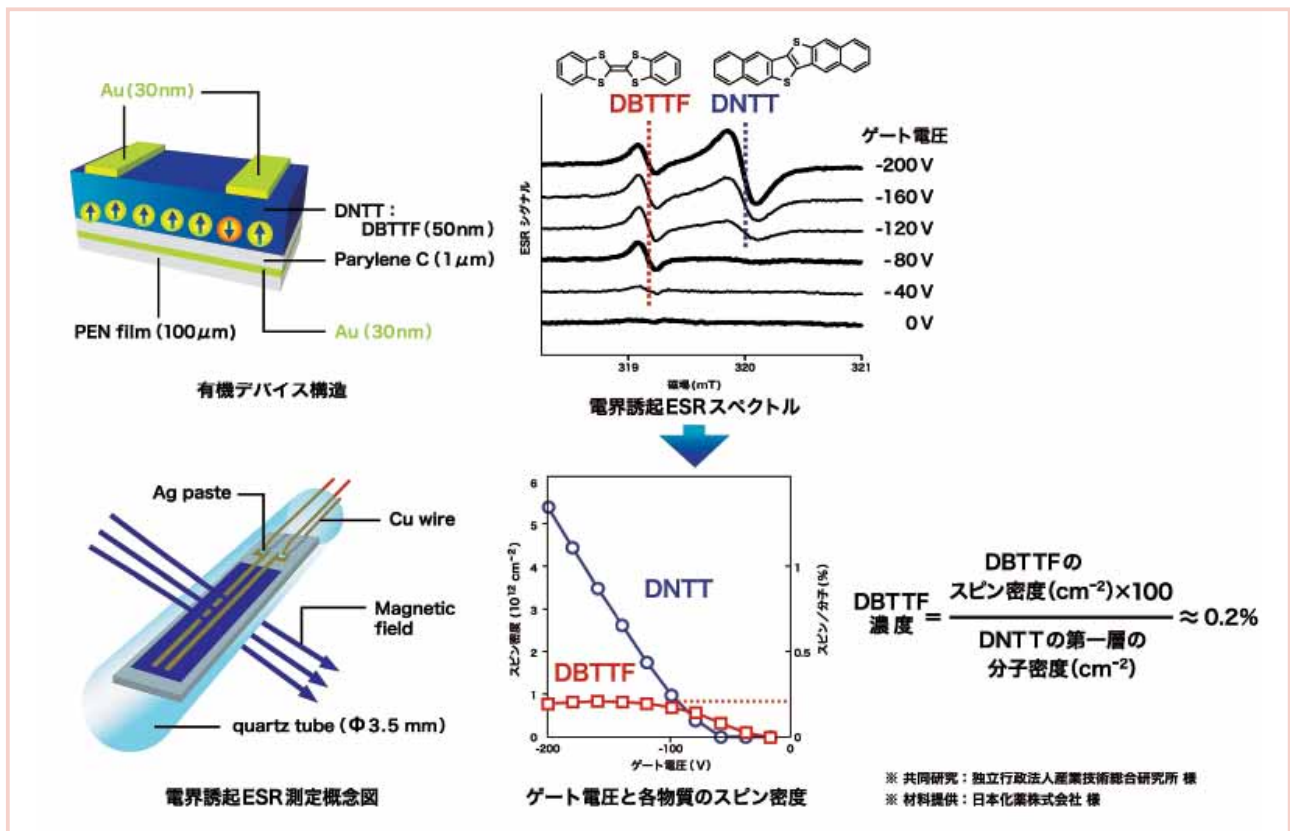


図4 電界誘起ESRによる*in situ*測定

イスのキャリア挙動、劣化度、電荷輸送機構、分子配向を非破壊で素子動作させながら (*in situ*) 評価・解析することが可能です。ESRは、磁場環境下に置かれた試料中の不対電子がマイクロ波の吸収によって高エネルギー準位へ遷移する原理を用いて、電子そのものや付近の分子・原子の状態を高感度に計測できる技術です。有機電界効果トランジスタ OFET (Organic Field Effect Transistor) へのゲート電圧印加によって OFET 内にキャリアを誘起し、その電子スピンを計測する技術が FI-ESR になります。当社では、有機エレクトロニクス材料について、*in situ* 測定のための有機デバイスを自社で作製して FI-ESR で解析する分析・評価サービスを提供致します。ここでは、有機デバイスのキャリア挙動解析技術を応用して有機薄膜中の不純

物量を評価した例 (図 4) を紹介致します。デバイス特性に影響を与える要因として、原料由来や劣化による不純物がありますが、有機デバイスでの不純物は有機半導体の類似化学構造かつ微量であるため、定量的に評価することは非常に難しい課題です。この事例では、DNTT (dinaphtho[2,3-*b*:2',3'-*f*]thieno[3,2-*b*]thiophene) を成膜したデバイス进行评估しました。不純物としては、DNTT 成膜時に共蒸着した DBTTF (dibenzotetrathiafulvalene) が含まれています。デバイスの伝達特性 (ゲート電圧とドレイン電流の関係) に影響する不純物がデバイスに含まれている場合、その不純物の存在は、デバイスへのゲート電圧印加を変化させて計測した ESR シグナルに現れます。このシグナルの変化は、蓄積したキャリアの一部が不純物 (DBTTF)

に優先的にトラップされるために起こる現象と考えられます。キャリアがトラップされる量は、不純物濃度と関係があり、ゲート電圧を印加させた状態での ESR シグナルの変化を解析することによって不純物濃度を知ることができます。即ち、ゲート電圧の印加状態を変化させた際の各物質のスピン密度を ESR 結果から求め、キャリアが蓄積する有機薄膜第一層の分子密度と不純物のスピン密度を用いて不純物濃度を算出します。この例では、不純物 DBTTF の濃度は 0.2% と推定されました。

ここでご紹介した以外にも、電子・電機産業の先端分野に対応した多くの分析・試験サービスを提供致します。電子事業部は、高度な分析・試験サービスによって電子・電機産業の発展を強力に支援致します。