

TIRI 研究現場のいま 未来

都産技研では、市場や社会的ニーズのある技術課題をテーマとした研究を行っています。新しい事業や製品化の可能性を生み出すために、中小企業が持つ高い技術力とコラボレーションしながら、日々適進している研究現場の「今」と「未来」取材しました。



電子半導体技術グループ
主任研究員 加沢 エリト

金ナノ粒子でガスを検出

指輪や金貨に使われている「金」を小さな粒にすると赤色になるのはご存じですか？ステンドグラスなどのきれいな赤色は、「金」の微粒子の色なのです。「金」の塊を1億分の1メートルというナノサイズにすると、緑色の光を吸収して赤色の光だけを反射するようになります。この、ナノ粒子が特定の波長の光を吸収するという現象^{※1}を使って、さまざまな物質を検知する研究を行っています。

今回ご紹介するのは、可燃性ガスの濃度を検知するガスセンサの研究です。代表的な可燃性ガスセンサには、高濃度ガスの爆発を未然に防ぐための「接触燃焼式ガスセンサ」と、健康被害を未然に防ぐために低濃度ガスを検知する「酸化半導体式ガスセンサ」の2つがあります。接触燃焼式は低いガス濃度では応答せず、酸化半導体式は高濃度のガスに接すると、しばらくの間応答が停止するという課題があります。ところが、中間のガス濃度を簡単に検知するセンサは市場にありません。中間濃度を検知するガスセンサがあれば、可燃性ガスの処理装置を安全に運転できると考え、新しい測定原理のガスセンサの開発に着手しました。ここで用いたのが、金ナノ粒子を用いた物質検知技術です。

※1 局在表面プラズモン共鳴 Localized Surface Plasmon Resonance: LSPR と呼ばれています。

新しい測定原理のガス濃度測定技術を開発

金ナノ粒子は特定波長の光を吸収するという特徴がありますが、接している物質の影響で光吸収が変化します。そして、ナノ粒子の大きさを均一にして、等間隔に並べると、金ナノ粒子が持つ光吸収の性質が強まるため、周囲にどのような物質が存在しているのかが計測できるようになります。これが、今回研究しているセンサの原理です。しかし、ナノ粒子をつくった後に、これを等間隔に並べるのは至難の業です。そこで、半導体製造技術を利用して、初めからナノ粒子が等間隔に並んだ状態でナノ粒子基板を製作しています。

さらに金ナノ粒子が持つ物質識別の能力を高めるために、ナノメートルサイズの孔が開いたガラス膜（多孔質膜）を



操作している様子

コーティングしました。極めて小さな孔にガスが入ると、なかなか孔から抜け出ることができず閉じ込められます。これは、活性炭の臭い取りなどで使われている現象でもあります。

多孔質膜に閉じ込められるガスの量はガスの濃度に依存するので、ガスの量を金ナノ粒子で計測することで、ガス濃度を知ることができます。これが、新しく開発したガス濃度の計測原理の概要です^{※2}。新開発の測定原理を用いると、従来技術では困難であった、低濃度から高濃度までの幅広いガス濃度を簡単に計測できるようになりました。

※2 特許第5460113号：局在表面プラズモン共鳴測定基板及び局在表面プラズモン共鳴センサ

ワイドレンジガスセンサの実用化を目指して

最初に試作した新しい測定原理のガスセンサシステムは、分光器を組み込んでいたため大型で高額でした。どんなに性能が良くても、安価で小型でなければ市場には受け入れられません。そこで、分光器の代わりに家電のリモコンで用いられている赤外線LEDや光半導体検出器を適用することを試みました。金ナノ粒子が吸収する光の波長がLEDの発光波長に合致すれば、分光器と同様の計測が可能と予測できます。これを実現するために、ナノ粒子の製造方法を改良しました。また、金ナノ粒子を設計する際には、FDTDという電磁場解析を行うシミュレーションを活用して、試作時間の短縮と開発費用の低減を図っています。現時点では、1cm角程度の大きさのセンサで中濃度のガスが検知できることを確かめました。今後もこの研究を進めて、より小型で高性能のガスセンサを開発していきます。

設備紹介

100kV電子ビーム描画装置

電子ビームを用いて、ナノメートル単位の画（パターン）を描く装置です。今回の研究では、直径250nmの円形を等間隔に1億個程度描くのに使用しています。

仕様

加速電圧：25、50、75、100kVの
4段切換え

ビーム電流強度：モリブデン管球

最小線幅：8nm以下

つなぎ精度：40nm

試料サイズ：φ2インチ～φ6インチウエハ

□2.5インチ～□5インチマスク

