



室温環境下で呼気ガスを高感度に検出する半導体チップを開発

(呼気検査による病気診断が可能な IoT 化学センサに向けて)

<概要>

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学専攻博士後期課程3年 高橋利昌、電気・電子情報工学系 高橋一浩准教授らは、半導体マイクロマシン技術を用いて作製したチップ上で、室温環境下において呼気に含まれる揮発性ガスを ppm 程度の濃度で検出可能な検査チップを開発しました。ガスを吸収した際に膨張・収縮する特性を持ったポリマーをフレキシブルに変形するナノシート上に形成し、標的ガスの吸収に伴う変形量を計測することにより、ガスの高感度検出が可能となります。半導体技術により数ミリ角のサイズで形成した検査チップは、IoT ガスセンサとして、家庭において簡易的な呼気検査を行うことで、遠隔医療への貢献が期待されます。

<詳細>

様々な疾患の存在や進行度を知るための指標として、呼気や血中に含まれる特定の分子を計測する検査手法があります。その中でも呼気診断による非侵襲計測は患者の負担が少なく、有望な疾患の検査方法として近年注目されています。呼気に含まれる揮発性有機化合物は糖尿病や腎不全、肺がん等に関連して濃度が増加することが報告されており、このような検査マーカーを計測することにより、患者のスクリーニングに活用することが期待できます。現在までに開発されている半導体ガスセンサでは、ガスに感応して電気抵抗値や静電容量値が変化する膜をセンサ上に形成し、それを数百度に加熱することで計測を行っています。しかしながら、加熱による周辺回路への温度上昇を抑制するために、加熱部から周囲を分離するための構造を別途形成する必要があり、製作工程の煩雑化や素子間分離による単位面積当たりの集積度の低下が課題として挙げられます。また、加熱による消費電力の増加により、IoT デバイスへの応用が困難となる課題がありました。

そこで、研究チームは、ガス分子の吸収により膨張・収縮する特性を持ったポリマー材料をフレキシブルに変形するナノ薄膜上に成膜し、標的ガスの吸収量を膜の変形量として計測するセンサを開発しました。提案センサは、光が狭い隙間で強め合う干渉特性を利用して、ガスの吸着を色の変化としてとらえることができます。この技術により、加熱機構を搭載せずに室温環境下でガスの計測が可能な検査チップが実現できました。また、本センサは変形するナノ薄膜と半導体基板の間に作られる微小な空間を数百ナノメートルサイズまで狭く形成することにより、面積を拡張することなく、感度を向上させることが可能です。しかしながら、微小な空間を形成しつつ、その上にナノ薄膜を一体化することは非常に困難であり、この構造を実現する新たな製作工程を開発する必要がありました。そこで、ナノ薄膜が熱と圧力の印加により強固に接合する特性に着目し、異なる 2 つの基板を接合後、片側の基板

を剥離する製作工程を新規に導入することで、400 ナノメートル程度の微小な空間を有するセンサ構造を実現しました。これにより、数マイクロメートルの隙間で形成されていた従来センサ構造に対し、センサ応答が 11 倍程度向上することを実証し、ガスの吸着によりナノ薄膜が変形していく様子を色の変化として捉えることが可能となりました。

さらに今回開発した検査チップにおいて、典型的な揮発性有機化合物であるエタノールガスを数 ppm 程度の濃度で検出が可能であることを実証しました。この検出下限濃度は、室温環境下で測定可能である最も高感度な半導体センサと同等の性能を有しており、同検出方式のセンサと比較して、1 素子あたりの面積は 150 分の 1 に小型化しつつ、検出性能は 40 倍向上していることを示しており、携帯可能な小型呼気検査装置としての応用が期待できます。

<今後の展望>

研究チームは、今後疾患に関連する様々な揮発性ガスに対して、開発した半導体センサ上で検出可能であることを実証していく計画です。また、携帯可能な小型センサシステムを構築し、従来よりも消費電力の低い IoT ガスセンサとして呼気モニタリングシステムを目指しています。

<論文情報>

Toshiaki Takahashi, Yong-Joon Choi, Kazuaki Sawada, and Kazuhiro Takahashi, A ppm Ethanol Sensor Based on Fabry–Perot Interferometric Surface Stress Transducer at Room Temperature, *Sensors*, DOI: 10.3390/s20236868

本研究は、文部科学省科学研究費（特別研究員奨励費 19J12825）及び国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）さきがけ（JPMJPR1526）による助成によって実施されました。



微量のガス分子をナノ薄膜表面に捉えて検出する IoT 化学センサ

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 堤・高柳・杉村 TEL:0532-44-6506