

トピックス

量子ドットの新しいガスセンサ機能物性を確認～蛍光強度変化でアルキルアミンガスを検知～

(国研) 産業技術総合研究所の安藤昌儀上級主任研究員、茂里 康総括研究主幹らの研究グループは、CdSe/ZnS コアシェル型量子ドットの薄膜が、空気中のアルキルアミンガスに感応して可逆的な蛍光強度変化を示し、新しい光学式ガスセンサへの応用可能性をもつことを見いだした。

近年、省エネや防音のために建物や乗物の気密性が上がり、事故や災害時に有害・危険性ガスが発生した際の潜在的な危険性が増し、一方で、健康・快適志向が高まり、より良い空気質が求められていることから、ガスセンサへの要望が高まっている。

光学式ガスセンサは、電気信号でガスの検知を出力するセンサと比較して、電磁気的ノイズに強く、電気火花発生危険がないので安全性が高く、非接触・遠隔で信号読み出しが可能等の利点をもつため、次世代型センサとして注目されている。

II-VI 族や III-V 族の半導体ナノ粒子からなる量子ドットは、新規な蛍光体として 1980 年代から注目されるようになり、合成方法の改良で高い輝度と耐久性が実現し、バイオ用蛍光試薬やディスプレイ等の電子材料への応用研究開発が進ん

でいるが、表面状態による蛍光特性変化をガスセンサに応用する試みは従来ほとんどなかった。最近、II-VI 族半導体である CdSe 系コアシェル型量子ドットの薄膜が、空気中の微量のオゾンにより可逆的な蛍光強度変化を示す現象が確認され、毒性・腐食性のオゾンを検知できるセンサの可能性が示された¹⁾²⁾。酸化性のオゾンが量子ドットに吸着することで、量子ドットの表面付近に存在する電子が無輻射失活する割合が増えたこと等が原因と推測されている。

今回、センサの需要が多い揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compound, VOC) に対する量子ドットの応答性が調べられ、アルキルアミンガスにより、CdSe/ZnS コアシェル型量子ドット薄膜の蛍光強度が低下し、空気中では可逆的に回復することがわかった³⁾。アルキルアミンは、化成品の原料・ロケット燃料・触媒・乳化剤等に利用されるが、魚の腐敗臭や生ゴミ臭の主成分として身近な悪臭ガスであり、可燃性・爆発性・毒性もあるためセンシングの必要性が高い。上記量子ドットのアルキルアミン感度はオゾン感度よりも低いが、アルキルアミンの毒性はオゾンよりも低いため、量子ドットはアルキルアミンセンサへの応用可能性がある。分子構造が直線状のヘキシルアミンに対する感度が、非直線状で高いジエチルアミンやトリエチルアミンに対する感度よりも高いことから、次のメカニズムが推定された。量子ドット表面は界面活性剤で被覆されているため、通常の空気中では表面欠陥が不活性化されて明るい蛍光を発する。空気中にアルキルアミンを添加すると、アルキルアミン分子が界面活性剤分子と競争的に量子ドットに吸着し、量子ドットの無機表面と界面

活性剤の結合が弱められ、表面欠陥が活性化するため、蛍光強度が低下すると推測される。従来のアルキルアミンガス検知方法は、ガスクロマトグラフィー、硫酸やリン酸の不可逆的な色変化を利用したガス検知管、加熱した ZnO 等の電気抵抗変化を用いる半導体式センサ、反応熱による触媒の温度上昇を白金線の電気抵抗増大で検知する接触燃焼式センサ等であった。これらの従来法に比べて、蛍光量子ドットによるアルキルアミン検知は、構成が単純で小型軽量化に有利であり、応答が可逆で繰り返し使用でき、室温・大気圧下で作動するのでヒーター駆動電力が要らず安全性が高い等の利点を有しており、優れたセンサの実現に繋がることと期待される。

本研究の一部は JSPS 科研費 JP26410201, JP17K05957、および、LIXIL 住生活財団調査研究助成 1305 を受けて実施された。

文献

- 1) M. Ando, T. Kamimura, K. Uegaki, V. Biju and Y. Shigeri, *Microchim. Acta.*, **183**, 3019-3024 (2016).
- 2) M. Ando, V. Biju and Y. Shigeri, *Anal. Sci.*, **34**, 263-271 (2018).
- 3) M. Ando, T. Kamimura, K. Uegaki, V. Biju, J. T. Damasco Ty and Y. Shigeri, *Sens. Actuators B*, **246**, 1074-1079 (2017).

((国研) 産業技術総合研究所 安藤昌儀・茂里 康 連絡先 〒563-8577 大阪府池田市緑丘 1-8-31 E-mail : m-ando@aist.go.jp, yasushi.shigeri@aist.go.jp)

[2018 年 4 月 11 日]