

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 92 [12], 362-368 (2019)

—特集 微細構造と色材—

CdSe系蛍光量子ドットを用いたオゾンガスセンシングと貴金属複合効果

安藤昌儀^{*†}・稲垣洸亮^{**}・川崎英也^{**}・茂里 康^{***}

^{*}(国研) 産業技術総合研究所関西センターバイオメディカル研究部門 大阪府池田市緑丘1-8-31 (〒563-8577)

^{**}関西大学化学生命工学部 大阪府吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

^{***}和歌山県立医科大学医学部・教養・医学教育大講座 和歌山県和歌山市三葛580 (〒641-0011)

[†] Corresponding Author, E-mail: m-ando@aist.go.jp

(2019年9月13日受付, 2019年9月25日受理)

要 旨

蛍光量子ドットは、電子材料やバイオ分野等、さまざまな応用が期待されているが、ガスセンサへの応用はほとんど未開拓であった。筆者らはCdSe系コアシェル型量子ドットの薄膜が、空気中のppmレベルのオゾンに感応して可逆的な蛍光強度の増減を示すことを見いだした。この結果は、蛍光量子ドットの光学式オゾンガスセンサへの応用可能性を示すものである。さらに、金や白金のような貴金属ナノ粒子を、量子ドット薄膜に複合化することにより、オゾンに対する感度や応答速度を、制御・向上可能であることがわかった。つまり、蛍光量子ドットと他成分のナノ複合材料化により、ガスセンサ材料としての可能性が広がることが示唆された。

キーワード：CdSe, 蛍光量子ドット, 光学式ガスセンサ, オゾン, 貴金属ナノ粒子

1. はじめに

生活空間や工業プロセスにおいて、各種のガスを検知しさらに識別するセンサは、安全・安心の確保や快適性の向上のために必要不可欠なデバイスである。とくに最近、省エネや防音のために気密性が高くなっている建物や、自然換気の難しい地下街、ガス漏洩の危険が潜在する工場等では、有害ガスの濃度をモニターし、ガス中毒などの危険を未然に防ぐガスセンサの必要性が増している。オゾンガスは、強い酸化力と分解後酸素になる扱いやすさから、工業用や家庭用に広く使われているが、一定濃度以上では有毒であり腐食性もあるため、センシングが必要である^{1,2)}。筆者らは、量子ドット (Quantum Dot (QD)) と呼ばれる化合物半導体ナノ粒子が発する蛍光の強度が、空気中の微量のオゾンに感応して可逆的に低下する現象を見いだした^{3,4)}。これは、安全性などで利点の多い光学式オゾンガスセンサへの応用可能性を示すものである。さらに最近、このようなQDに貴金属ナノ粒子を複合化すると、オゾン感度や応答回復特性が向上することがわかり、本技術のさらなる展開が期待される。

2. オゾンの用途・性質と新しいセンシング技術への期待

オゾン (O₃) は薄青色を呈し特有の臭気を有する気体であり、

強力な酸化力を有し、高濃度域 (5~8 vol.%) では半導体製造などにおける有機物除去・洗浄剤として用いられる。医薬品・化粧品・化成品の製造にも使用され、中濃度域 (200 ppm程度) や低濃度域 (0.01~数ppm) では、水、空気等の殺菌剤・脱臭剤として、食品・畜産業や、病院・オフィス・家庭を含む建物内や乗物内で、幅広く利用されている^{1,2)}。オゾンは、自己分解性があり、分解後は酸素に転換されるため、有害物質を残さない酸化剤であることが、応用上の大きな利点である。また、成層圏のオゾン層 (10~20 ppm) は、紫外線を吸収し地上の生物を守っている。しかし、このように有用なオゾンも、大気中濃度がppmレベルを超えると、人体に有害となり、50 ppmを超えるオゾンを吸入すると生命の危険が生じるので、センサが必要である^{1,2,5,6)}。最近、家庭やオフィスの空間脱臭用に小型オゾン発生器が製造・市販され、利用が拡大しているが、多くの場合、オゾン濃度測定装置が付属していない。その理由は、従来のオゾン検知装置が大型で高価であったためである。しかし、有人環境で使用可能とされる低濃度オゾン発生装置であっても、狭い室内で運転すると、日本における作業環境基準濃度0.1 ppmを超過し、人体に悪影響を及ぼし得ることが問題視されている。またオゾンは、放電や紫外線により空気中で発生し、静電除去装置・溶接機・電気モーター・複写機・プリンター・光源装置等も発生源になり得る。そのため、小型・軽量・安価で、高温部位がなく安全なオゾンセンサを実現するための新技術が要望されている。筆者らはこの課題に対して、蛍光QDを用いた新規オゾンガスセンシングの研究に取り組み、さらに貴金属ナノ粒子の複合化によるセンサ特性向上を図っている^{3,4,7)}。

3. 光学式ガスセンサの利点と従来のオゾンガス検知技術

光の強度・波長・屈折・位相等の光信号で検知を出力する光



〔氏名〕 あんどう まさのり
 〔現職〕 (国研) 産業技術総合研究所バイオメディカル研究部門 上級主任研究員
 〔趣味〕 歴史的文化財鑑賞
 〔経歴〕 1990年京都大学大学院工学研究科博士課程分子工学専攻修了, 工学博士。1990年科学技術特別研究員。1991年通商産業省工業技術院大阪工業技術試験所研究員。1994年大阪工業技術研究所主任研究員。2001年(独法) 産業技術総合研究所主任研究員。2013年同所上級主任研究員。2015年より現職。