

カーボンナノチューブを用いた超高感度ガスセンサー開発 (片山研究室)

環境汚染ガスをppbレベルで検知するためには、従来の半導体式ガスセンサーではなく、センシングのコア材料として、実効表面積の大きい単層カーボンナノチューブ(SWNT)を応用することが有望である。しかしながら、これまで報告されているSWNTガスセンサーについては、微細加工技術に大きく依存しており、作製のスループットが低いものであった。これを克服するため、従来型のガスセンサー基板にSWNTを直接成長させたものを基本構造とする新しいタイプのガスセンサーを開発することに成功した。開発したセンサーは、高スループットで作製可能、ppbオーダーの極微量検知、室温動作、高速な応答と回復などの優れた特徴をもつ。

この成果は学会関係で高く評価され、原著論文¹⁾の筆頭著者である博士後期課程学生(D3)に第29回応用物理学学会論文賞「JJAP論文奨励賞」(2007年度)が授与された(2007年9月4日)。これを契機にSWNTガスセンサーが国内外から注目を集め、応用物理学学会会誌「応用物理」への解説論文の執筆を招待され、開発したSWNTガスセンサーの外観写真が同解説論文²⁾の掲載号の表紙を飾った(図1)。

さらに、SWNTガスセンサーの実用化に向けた試みとして、ガス種選別検知に関する研究開発をおこない、白金修飾のSWNTを用いて、一酸化炭素を室温で高感度・選択検知することに成功した³⁾。この成果は、社会的・学術的に高い評価を受け、日刊工業新聞(2008年3月3日)に掲載されるとともに(図2)、Nature Nanotechnology 誌の Research Highlights(2008年1月号)として掲載され(図3)、注目を集めた。

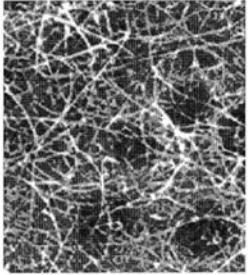
- (1) Wonwiriyan *et al.*: "Single-Walled Carbon Nanotube Thin-Film Sensor for Ultrasensitive Gas Detection", *Jpn. J. Appl. Phys.* **44** (2005) L482.
- (2) 片山光浩 他: "カーボンナノチューブを用いた超高感度ガスセンサー開発", *応用物理* **76** (2007) 1164.
- (3) Wonwiriyan *et al.*: "Highly Sensitive Detection of Carbon Monoxide at Room Temperature Using Platinum-Decorated Single-Walled Carbon Nanotubes", *Applied Physics Express* **1** (2008) 014004.



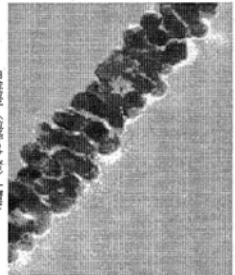
図1 応用物理学学会会誌「応用物理」表紙(2007年10月号).

最先端技術

一酸化炭素 室温で高感度検出



白金修飾CNTのSEM像



白金修飾CNTのSEM像(高倍率)

阪大、白金修飾の単層CNT利用

先端技術

複数ガス分子の選別検知へ マルチセンサー開発に道

大阪大学大学院工学研究科材料工学専攻の白倉修徳准教授が、白金修飾の単層CNTを用いた一酸化炭素(CO)を高感度検出する室温動作型COガス高感度センサーを開発した。従来のCNTセンサーは、室温で動作するが、検出感度が低く、検出限界濃度は100ppm程度である。一方、白金修飾CNTは、白金ナノ粒子がCO分子と反応し、白金修飾CNTの電気抵抗が変化する。この特性を利用して、白金修飾CNTを用いた室温動作型COガス高感度センサーを開発した。このセンサーは、室温で動作し、検出感度が従来のCNTセンサーの100倍以上高い。検出限界濃度は1ppm程度である。また、白金修飾CNTは、白金ナノ粒子がCO分子と反応し、白金修飾CNTの電気抵抗が変化する。この特性を利用して、白金修飾CNTを用いた室温動作型COガス高感度センサーを開発した。このセンサーは、室温で動作し、検出感度が従来のCNTセンサーの100倍以上高い。検出限界濃度は1ppm程度である。

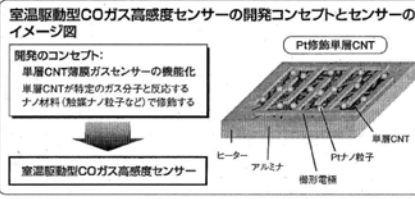


図2 日刊工業新聞記事 (2008年3月3日)。

nature nanotechnology

Research Highlights

Nature Nanotechnology
Published online: 25 January 2008 | doi:10.1038/nano.2008.28

Subject Categories: [Carbon nanotubes and fullerenes](#) | [Nanosensors and other devices](#)

Gas sensing: Platinum platform Adarsh Sandhu

Highly sensitive platinum-coated carbon nanotubes can detect much lower levels of carbon monoxide than other nanotube-based sensors

Japanese environmental regulations stipulate that the concentration of carbon monoxide in the air must be less than 10 p.p.m. Compared with conventional metal-oxide gas sensors, devices based on single-walled carbon nanotubes (SWNTs) coated with catalytic metallic nanoparticles offer the advantages of low power consumption, compactness and potentially very high sensitivity. However, the sensitivity towards carbon monoxide of even the best Pd-coated SWNT gas sensor is currently limited to 10,000 p.p.m.

Now, Mitsuhiro Katayama and colleagues¹ from Osaka University and New Cosmos Electric Company Limited in Osaka have developed platinum-decorated SWNT gas sensors that are able to detect carbon monoxide at concentrations as low as 1 p.p.m. The Pt-SWNT sensors were produced by electron-beam evaporation of a 0.5–5.0 nm layer of Pt on to a thin film of SWNTs. During this process, individual nanotubes were coated with 5-nm-diameter Pt nanoparticles, and the coverage density was found to increase with the thickness of the Pt layer.



The conductance of the Pt-SWNT structure decreases linearly with increasing carbon monoxide concentration between 1–10 p.p.m. This effect is caused by a room-temperature catalytic reaction, involving electron donation to the SWNTs as a result of the carbon monoxide being oxidized by the Pt catalyst. The sensitivity of the sensor depends on the thickness of the Pt film and it could be improved further by optimizing Pt particle size.

Reference

1. Wongwiriyan, W. *et al.* Highly sensitive detection of carbon monoxide at room temperature using platinum-decorated single-walled carbon nanotubes. *Appl. Phys. Express* **1**, 014004 (2008). | [Article](#) |

図3 Nature Nanotechnology 誌 Research Highlights (2008年1月号)。