

自己加熱を利用した Pd ナノドット修飾グラフェン・ガスセンサ

Graphene Gas Sensors Decorated with Pd Nano Dots Exploiting Self-Heating Effects

慶應大理工 電子工¹, JST CREST²

○竹内 豪¹, 後藤 瑛人¹, 山口 公平¹, 山知 亮介¹, 田中 貴久¹, 高橋 綱己^{1,2}, 内田 建^{1,2}

Dept. Electronics and Electrical Eng., Keio Univ.¹, CREST, Japan Science and Technology Agency²

○Go Takeuchi¹, Akihito Goto¹, Kohei Yamaguchi¹, Ryosuke Yamachi¹,
Takahisa Tanaka¹, Tsunaki Takahashi^{1,2}, and Ken Uchida^{1,2}

E-mail: takeuchi@ssn.elec.keio.ac.jp, uchidak@elec.keio.ac.jp

【背景および目的】 呼気中の水素(H₂)は健康状態を測る一つの指針であり、呼気中の水素濃度は約 20 ppm と低濃度である。また、従来の水素センサは外部ヒータを必要とし、ヒータの消費電力は最も低いものでも数十 mW となっている。グラフェンを用いたセンサで、グラフェンのジュール熱（自己加熱）を利用した報告例は存在するが、動作電圧が 60 V と非常に高い[1]。本研究では、Pd 修飾グラフェン・センサを作製し、グラフェンの自己加熱がセンサ特性に与える影響を調べた。

【実験方法】 酸化膜 90 nm を有する Si 基板上に単層 CVD グラフェンを転写し、グラフェンのチャンネル部を狭窄化した。さらに、ソース・ドレイン・バックゲートへの金属電極として Cr/Au を蒸着した。最後に Pd を 1 nm デバイス全体に EB 蒸着し、400°C で 20 分間窒素アニールを行った。グラフェン上の Pd はアニールによってナノドットを形成することが知られている[2-3]ので、Pd ナノドットで修飾されたグラフェン・センサ（図 1）となる。ガスを直接デバイスに曝露することにより、デバイス近傍がガス雰囲気となるようにして測定を行った。作製した素子のソース・ゲートを接地電位（GND）にし、ドレインに $V_D = 10$ mV, 5.5 V を印加しながら抵抗値の時間依存性を測定した。純窒素 3 min, 水素含有窒素（100, 50, 10 ppm）を 3 min, それぞれの雰囲気中に繰り返し曝露し測定を行った。測定に使用した素子のグラフェンチャンネルの狭窄部は $L = 2$ μm , $W = 1$ μm である。

【結果】 作製した素子の測定結果を図 2 に示す。横軸は時間を示し、縦軸の抵抗値変化量（感度）は測定開始時の抵抗値を R_0 として $(R - R_0) / R_0$ で定義している。 $V_D = 10$ mV では水素に対する感度が低かったのに対し、 $V_D = 5.5$ V では消費電力約 6mW で水素 10 ppm の検出に成功した。グラフェンの一部が狭窄しているチャンネルを利用したことで、低バイアスながらも自己加熱の効果が大きく、感度が上昇したと考えられる。

【結論】 Pd ナノドットで修飾されたグラフェン水素センサを作製した。狭窄チャンネルを採用したグラフェン・ガスセンサで 10 ppm の水素を室温下、約 6 mW の消費電力で検出することに成功した。今後、素子構造やバイアスの最適化により、さらなる低消費電力化がのぞめると予想する。

[1] Y. H. Kim *et al.*, ACS NANO, **9** (2015) 10453.

[2] M. G. Chung *et al.*, Sens. Actuators B, **169** (2012) 387.

[3] R. Kumar *et al.*, Sens. Actuators B, **209** (2015) 919.

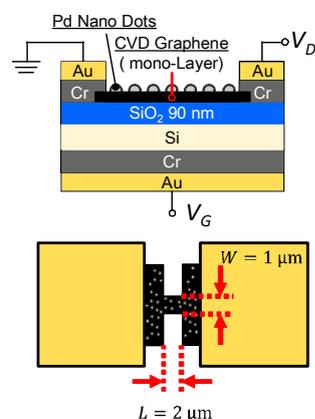


図 1 : デバイス構造

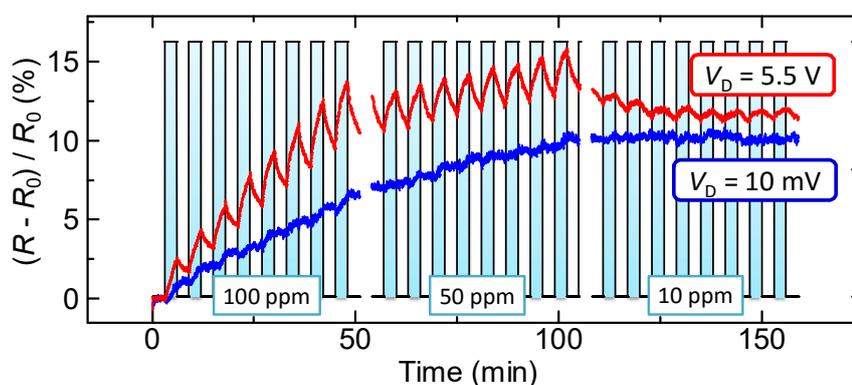


図 2 : 水素濃度 100, 50, 10 ppm に対するセンサ特性