

自己組織化単分子膜で修飾したバックゲート型 FET センサにおいて 分子センシングにゲートバイアスを与える影響

Effect of the Gate Bias on Molecules Sensing in Back-Gated FET Sensor Modified with Octadecylphosphonic Acid

慶大理工 ○伊部 徳朗, 蔵本 駿介, 田中 貴久, 内田 建

Keio Univ.,

○Ibe Noriaki, Kuramoto Shunsuke, Takahisa Tanaka, and Ken Uchida

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

【背景および目的】 近年, 低分子センサが IoT 時代のキーデバイスとして注目を集めている. なかでも, 揮発性有機化合物(VOC)がセンシング対象として注目されている. しかし, 従来の酸化半導体式センサは VOC に対する選択性が乏しいという問題点がある[1]. 我々は, 自己組織化単分子膜(SAM)を分子捕捉層とする FET センサを作製し, その特性を評価している. これまでに, H. Haick らのグループから, SAM 修飾を施した Si ナノワイヤ FET センサの特性は, SAM の末端官能基およびアルキル鎖長によって制御可能とする報告がなされている[2][3]. しかし, SAM と VOC の気相中における相互作用については未だ理解が不十分である. 本研究では, ホスホン酸 SAM 修飾を施した MOSFET センサと, 標的 VOC としてエタノールを用いて, SAM と VOC の相互作用にゲート電圧を与える影響を調べた.

【実験方法】 SOI 基板上にチャネル領域を n 型にしたバックゲート型 nFET を作製した. 表面の熱酸化膜上に原子層堆積装置で Al_2O_3 を堆積した後に, Octadecylphosphonic Acid (ODPA) を修飾した (図 1). はじめに, ドレイン電流(I_d)とゲート電圧(V_g)の関係を, 乾燥空気雰囲気下および, エタノール 100ppm を含有する乾燥空気雰囲気下で測定した (図 2). 乾燥空気雰囲気下ではヒステリシスが見えないが, エタノール雰囲気下では大きなヒステリシスが観測された. さらに, 乾燥空気 15 分→エタノール 3 分→乾燥空気 15 分の順で各ガス雰囲気下に曝露し, I_d の時間依存測定を行なった. この際, 2 種類の V_g 印加方法を用いた. ひとつは, 測定の間, 一定の V_g を印加し続ける (連続印加) 方法であり, もうひとつは, I_d を読み取る瞬間にのみ V_g を印加する (間欠印加) 方法である.

【結果および考察】 I_d -Time 測定の結果を図 3 に示す. エタノール雰囲気では, V_g を連続印加した場合は I_d が増加したが, V_g を間欠印加した場合は I_d が減少した. また, V_g を間欠印加した場合は回復特性が見られたが, V_g を連続印加した場合は回復特性が見られなかった. V_g の印加方法でセンサ特性が異なる理由は, 連続印加では V_g (> 0) に起因する電界によってエタノールの分極負電荷がデバイス側を向き, 間欠印加では ODPA の末端メチル基の極性効果によってエタノールの分極正電荷がデバイス側を向いたためと考えている. また, 連続印加においては, 電界による静電吸着であったためエタノールが脱離せず, 回復特性が得られなかったと考えている.

【結論】 ODPA 修飾を施した MOSFET を作製した. V_g の印加方法によってエタノールに対するセンサ特性が異なった. その原因として, V_g に起因する電界による静電吸引が分子の吸着脱離に大きな影響を及ぼすことが明らかになった. 以上の結果は, VOC と SAM の相互作用を V_g によってコントロールし得る可能性を示唆するものである. また逆に, 分子の相互作用にもとづくホスト-ゲスト反応でセンサ素子を設計する場合には, 電界効果に対しても注意を払うことが重要である.

[1] X. Liu *et al.*, *Sensors*, **12**, no. 7, 9635-9665, 2012

[2] B. Wang and H. Haick, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **5**, no. 6, 2289-2299, 2013

[3] B. Wang and H. Haick, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **5**, no. 12, 5748-5754, 2013

謝辞: 本研究は, JST-CREST の支援 (グラント番号 JPMJCR1331) を受けたものである.

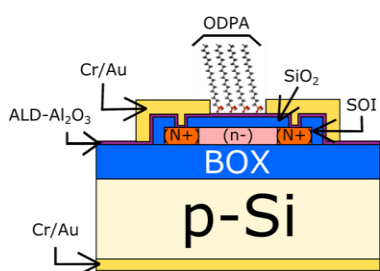


図1: ODPA修飾を施した
バックゲート型MOSFET

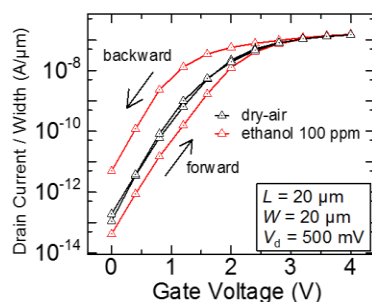


図2: 乾燥空気およびエタノール100ppm
含有乾燥空気曝露下の I_d - V_g 特性

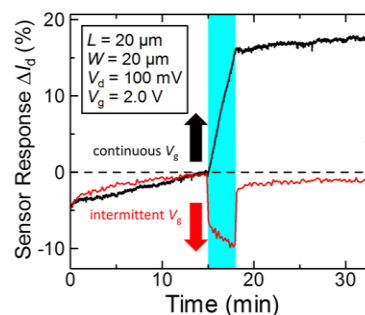


図3: I_d -Time測定結果