SAM 修飾 MOSFET 型センサの表面電界が感度に与える影響

Effect of Surface Electric Field on Sensor Response of SAM modified MOSFET

慶應大理工 電子工[1]，九州大 先導研[2]
○藏本 駿介[1]，伊部 徳朗[1]，祖父江 琢哉[1]，萩原 一樹[1]，
田中 貴久[1]，高橋 綱己[2]，柳田 剛[2]，内田 建[1]
Faculty of Sci. & Tech., Keio Univ.[1], Institute for Materials Chemistry and Eng., Kyushu Univ.[2]
○S. Kuramoto, N. Ibe, T. Sobue, K. Hagiwara T. Tanaka, T. Takahashi, T. Yanagida, and K. Uchida
E-mail: kuramoto@ssn.elec.keio.ac.jp, uchidak@elec.keio.ac.jp

【背景および目的】 呼気中に含まれる揮発性有機物(VOC)は健康状態の指標となることが知られている．VOC 検出センサとして自己組織化単分子膜(SAM)修飾による SiNW センサ[1]や MOS 型センサ[2]が報告されている．SAM を用いることで， SAM 末端官能基により分子に対する選択性付与が可能となると期待される．しかし，SAM 修飾 MOS 型センサでは，SAM 近傍に不可避的に電界は発生するものの，その影響はほとんど調べられていない．そこで今回，SAM 修飾 MOSFET 型センサにおいて，電界が及ぼす影響を，水蒸気を標的分子として調べた．

【実験方法】 配線・裏面電極を Cr/Au=3/60 nm とするバックゲート型 nMOSFET を作製し，トリクロロヘキシルシラン(HTS)10 mM 溶液に浸漬し SAM を修飾した(図 1)．センサ評価は，窒素 3 分→水蒸気 1 分→窒素 3 分の雰囲気変化でガスを曝露し，ドレイン電流(I_d)の時間依存性を測定した．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 を印加し続ける方法(以下，連続測定)であり，もうひとつは，I_d を読み取る瞬間と読み取っていない間で異なる V_g を印加する方法(以下，パルス測定)である．パルス測定においては I_d を読み取る瞬間の電圧(以下，$V_{g,high}$)を固定し．I_d を読み取っていない間の電圧(以下，$V_{g,low}$)を変化させた測定も行った．測定は全て室温で行った．

【結果】 窒素 3 分→水蒸気 1 分→窒素 3 分の雰囲気変化時の I_d の時間依存性の結果を図 2 に示す．連続測定では I_d が減少し．パルス測定では I_d が増加した．また，I_d の変化量が連続測定では小さく，パルス測定では大きくなった．続いて，パルス測定において $V_{g,low}$ を変化させたときの結果を図 3 に示す．$V_{g,low}$ = 2 V では連続測定と同じ条件になる．図 2，図 3 の結果より，$V_{g,low}$ によって誘起される SAM 表面の電界方向に，I_d の応答方向が依存すると考えられる．$V_{g,low}$ = 2 V(連続測定と同等)では，$V_{g,low} > 0$ に起因する電界によって水分子ダイポールの負極側がセンサ表面に吸着し，電流値が減少したと考えられる．一方，$V_{g,low} < 0$ の場合には，水分子ダイポールの正極側が吸着したために電流値が増加したと考えられる．特にフラットバンド電圧(V_{FB})を考慮した時，$V_{g,low} > V_{FB}$ では，裏面に蓄積層が形成され，表面に漏れ出る電界が小さく，センサ応答も小さくなると考えられる．一方，$V_{g,low} < V_{FB}$ では，SOI 層は空乏化され表面に漏れ出る電界が大きくなり，水分子がより強く引き寄せられ，センサ応答が大きくなると考えられる．

【結論】 SAM 修飾を施したバックゲート型 nMOSFET センサを作製した．作製したセンサにおいて，V_g によって生じる電界の向きによって I_d の変化方向が異なり，表面電界が感度を決める上で重要であることを示した．また，極性分子を検知するために，最適なゲート電圧の与え方があることを示した．

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．

[1]B. Bhartia*et al.*, *ASC Appl.Mater.Inter.*, **7**, pp. 14885-14895, 2015

[2]伊部徳朗，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が与える影響，第 65 回応用物理学会 春季学術講演会, 2018.3.19

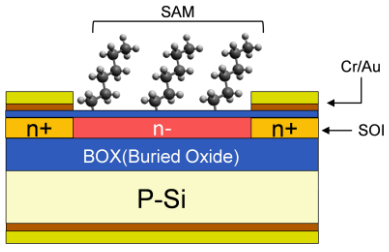


図 1. センサ断面の模式図

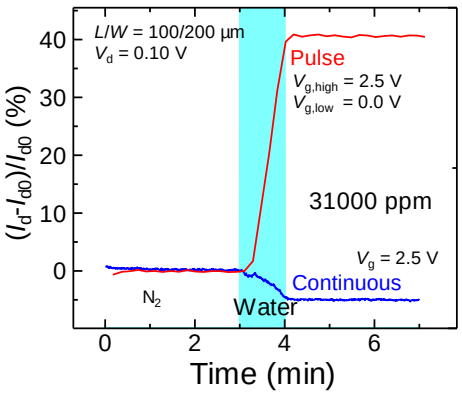


図 2. センサ特性比較

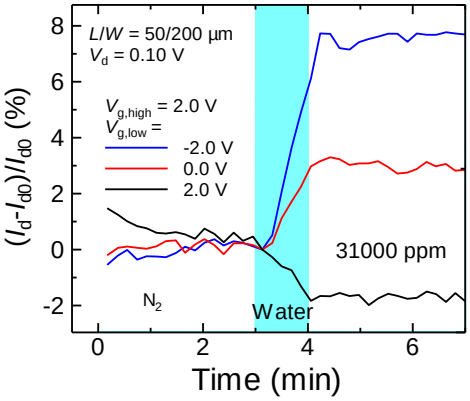


図 3. $V_{g,low}$ 依存性

© 2019年 応用物理学会