

金属ナノシートへの分子吸着によるキャリア移動度変化の解析

Analysis of carrier mobility change by molecular adsorption on metal nanosheets

東大工 ○(M2)加藤 太朗, 田中 貴久, 矢嶋 赳彬, 内田 建

Dept. of Materials Eng., The University of Tokyo

○T. Kato, T. Tanaka, T. Yajima, K. Uchida

E-mail: kato@ssn.t.u-tokyo.ac.jp, uchidak@material.t.u-tokyo.ac.jp

【背景および目的】 ナノスケール金属は LSI 配線, 固体燃料電池の触媒, 色素, 光学センサなど様々な分野に応用されている. そして新たに, 金属薄膜表面への分子吸着により電気抵抗が変化する現象[1]をガス検出に利用した, 金属ナノシートのガスセンサ応用が期待されている[2]. センサ応用のためには抵抗変化から吸着分子の分子種と濃度を予測する解析モデルの構築が不可欠である. しかし, 分子吸着による抵抗変化の起源について, 吸着原子の被覆率や移動度などの基礎的な要素に分解して調べられておらず, 定量的な理解が不足している.

そこで, 本研究では金属ナノシートにおける分子吸着による移動度の変化を抽出することを目的とした. 今回の実験では, 吸着分子として自己組織化単分子膜(Self-Assembled Monolayers: SAM)を利用した. Au-チオール系 SAM は, 吸着密度が長時間および広い温度範囲で一定な単分子膜を形成できる. また, Au 単層のナノシートを作製することで合金散乱や不純物散乱を排斥し, さらに極低温領域での測定によってフォノン散乱を抑制することで, 表面散乱が抵抗の支配的要因となる系を構築できると考えた. 今回, 修飾を施さない Au 単層ナノシートと SAM 修飾を施した Au 単層ナノシートの移動度の変化を極低温領域において調べたので報告する.

【実験方法】 EB 蒸着法で Si/SiO₂ 上に Au 20 nm の単層ナノシートを幅 1.5 mm, 長さ 1.5 mm のチャンネル部として形成, さらに Cr/Au : 5/60 nm を電極パッドとするホールバー型素子を作製した (Fig.1(b)). リフトオフプロセスによって急峻なチャンネル端を獲得し, AFM 像から膜厚が 20 nm であることを確認した (Fig. 2). SAM 修飾のためのチオール溶液として, エタノールを溶媒とした 1 mM 1-オクタデカンチオール (1-ODT) 溶液を用い, 28°C の溶液中にデバイスを 8 時間浸漬することで SAM を形成した. PPMS を用いて -9T から +9T の範囲でホール効果測定を行うことで, SAM 修飾前と SAM 修飾後における Au ナノシートの移動度を抽出した.

【結果と考察】 SAM 修飾前後における, 5K から 50K での移動度の温度依存性を Fig.3 に示す. 5K から 10K までの領域では, フォノン散乱がほぼ完全に排斥され, 抵抗が表面散乱・界面散乱で決定されていると考えられる. 温度が上昇するにつれてフォノン散乱の影響で移動度が徐々に減少する. また, 同じ温度での SAM 修飾前後の Au ナノシートの移動度を比較すると, 全温度領域で移動度が減少している. すなわち, 金属表面に分子吸着することで表面の散乱頻度が変化し, 結果として吸着分子散乱で移動度が低下していることを実験的に明らかにした. 今後, 吸着物の被覆率や Au 膜厚依存性を調べることで, 吸着分子散乱の定量性を獲得していく.

謝辞:本研究の一部は, JST-CREST(JPMJCR19I2)および科研費(19H00756)の支援を受けたものである.

[1] R. G. Tobin, *Surf. Sci.*, **502-503**, 374 (2002). [2] T. Tanaka *et al.*, *Sens. Actuators B*, **258**, 913 (2018).

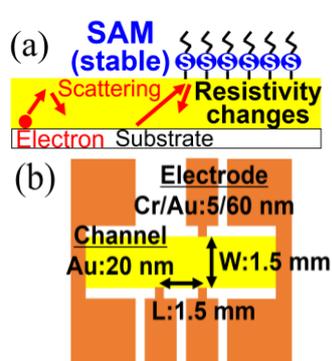


Fig. 1:(a) Schematic of electron transport in Au thin film with SAM. (b) Hall-bar structure of the fabricated device.

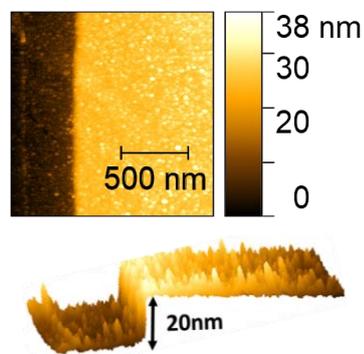


Fig. 2: AFM image of Au nanosheets at the channel edge. It shows that the 20-nm-height steep edge is successfully formed.

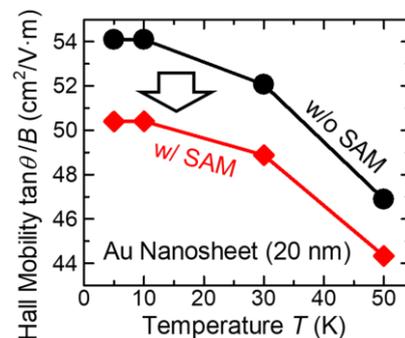


Fig. 3: Temperature dependence of the mobility of Au nanosheet (w/o SAM) and SAM-modified Au nanosheet (w/ SAM).