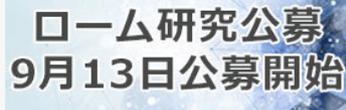


Poster presentation | 13 Semiconductors : 13.1 Fundamental properties, surface and interface, and simulations of Si related materials

📅 Fri. Sep 20, 2024 9:30 AM - 11:30 AM JST | Fri. Sep 20, 2024 12:30 AM - 2:30 AM UTC 🏛️ P05
(Exhibition Hall A)

[20a-P05-1~3] 13.1 Fundamental properties, surface and interface, and simulations of Si related materials

PR



[20a-P05-1]

Electrochemical Evaluation of Noble Metal Catalyzed Wet Si Etching

○Sota Yoshihira¹ (1.Kansai Univ.)

[20a-P05-2]

Detection and characterization of photoelectrons from bottoms of Si trench structures

○(M1)Shiika Murase¹, Tomoki Higashi¹, Inagaki Kouji¹, Arima Kenta¹ (1.Osaka Univ.)

[20a-P05-3]

Theoretical analysis of photo-induced conductivity in TMDC and black phosphorus

○(M1)Akira Nakanishi¹, Satofumi Souma¹ (1.Kobe Univ.)

貴金属触媒を用いた湿式 Si エッチングにおける 電気化学的評価

Electrochemical Evaluation of Noble Metal Catalyzed Wet Si Etching

関西大シス理, ○(M1)吉平蒼太, 土江 拓海, 伊藤 健, 新宮原 正三, 清水 智弘

Kansai Univ. Sota Yoshihira, Takumi Doe, Takeshi Ito, Shoso Shingubara,
and Tomohiro Shimizu

E-mail: shimi@kansai-u.ac.jp

[背景]

これまで我々は金属支援エッチング (MacEtch) を用いて Si 基板に TSV(Si 貫通電極) 用ホールの作製を試みてきた。一方で、MacEtch はエッチング液に HF を使用しているため、エッチング中の触媒の挙動や化学反応の様子を把握することが難しい。そこで、本研究では耐フッ酸用の電気化学セルを用いて、エッチング中の基板に対し様々な条件で CV 測定を行うことで Au 触媒を用いた Si の MacEtch の電気化学的評価を試みた。

[実験方法]

p 型 Si 基板(1000~1200 Ω cm)上にディスク状に加工した直径 20 μm の円板状の Au パターンを形成し、Si の MacEtch 触媒とした。エッチング液には、H₂O₂: 1.3M に対し、HF は 1 または 2M 入れた溶液を用いた。40 °C に保温した、エッチング液に触媒付き基板を 120 分間浸漬し基板の MacEtch を行った。試料断面はエッチング後の基板を劈開し、SEM を用いて観察した。

電気化学測定には耐フッ酸用の 3 電極セルを用いた。作用極には MacEtch に用いたものと同じ Au 触媒パターン付きの p 型 Si 基板、対抗電極に Pt、標準電極に Ag/AgCl 電極を用いて CV 測定を行った。溶液も MacEtch と同じ条件を用いた。測定で得られた電流を電流密度に算出した後、電流密度の絶対値を対数表示とし、

腐食現象の評価で用いられる Tafel プロットで表した。

[結果]

Fig. 1 に直径 20 μm の円板状の Au 触媒を用いて 120 min MacEtch した Si ホールの断面図を示す。エッチング液中の HF 1M の溶液では基板に対し深さ 82.8 μm の垂直なホールが観察できる。HF 濃度を 2M に上げるとエッチング深さが 129 μm に増加した。Fig. 2 に Fig. 1 と同濃度で触媒付き Si 基板の CV 測定結果を Tafel プロットで示す。HF 濃度を上げるとアノード電流、カソード電流がともに増加した。このことから腐食電流密度が増加し、Si の溶解反応が多く起こることで実際にエッチング量が増えたことがわかる。当日は詳細な反応や過酸化水素の濃度依存性について議論する。

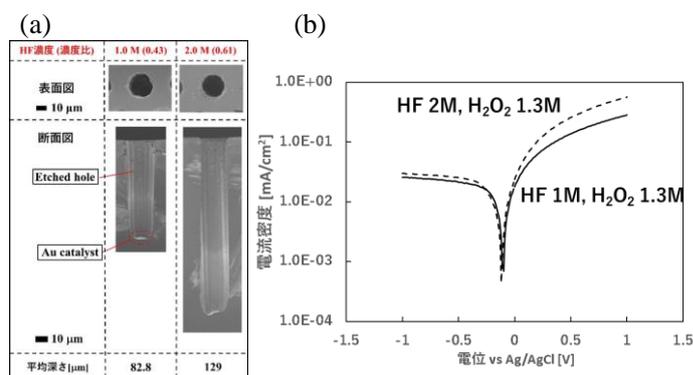


Fig.1 (a) Cross-sectional SEM images of Si substrate etched with a mixture of 1.3 M H₂O₂ and 1, 2M HF.
(b) CV measurement results using solution with same conditions as (a).

Si トレンチ構造底部からの光電子の検出とその特性

Detection and characterization of photoelectrons from bottoms of Si trench structures

阪大院工 °(M1)村瀬詩花, 東知樹, 稲垣耕司, 有馬健太

Osaka Univ. °Shiika Murase, Tomoki Higashi, Kouji Inagaki, Kenta Arima

E-mail: murase@sie.prec.eng.osaka-u.ac.jp

近年の高集積化半導体デバイスでは共通して、横に対する縦の比（アスペクト比）が大きな三次元構造が形成されている。そして今後も、このアスペクト比はますます高まると予想される^[1,2]。また、デバイスの製造工程において、半導体表面には極めて厳しい清浄度が要求される。しかし、平坦な試料面における吸着物の種類や濃度を評価した報告は数多くあるが、三次元構造に関する報告は限られている。

この背景を踏まえ、我々は、最も制御が困難である、三次元構造体の底部に存在する汚染物質や酸化物の種類及び濃度を非破壊で評価できる手法の開発を目指している。以下に我々が提案する角度分解 X 線光電子分光法（Angle-Resolved X-ray Photoelectron Spectroscopy : ARXPS）を用いた、三次元構造底部における表面状態の評価法を示す（図 1(a)）。我々は、高アスペクト比構造底部に埋め込んだ異種元素を、鉛直方向の目印とする独自の手法を提案する。本手法は、光電子の脱出角度を高精度に調整することで、底部から放出される光電子の検出が保証できるという特徴を持つ。また我々は、底部のみに異種元素を埋める Si トレンチ構造の作製にあたり、金属アシストエッチング（Metal Assisted Chemical Etching : MACE）と呼ばれるウェットエッチングに着目した。本稿では、MACE により作製した異なるアスペクト比（1~7）をもつ Si トレンチ構造を用い、上記手法の原理検証を行った。

図 1(b),(c)に、底部に Au が埋め込まれたアスペクト比 7 の Si トレンチ構造に対し、ARXPS を行った結果を示す。図より Si2p シグナルは、光電子の脱出角 (θ_{takeoff}) によらず、常に明確に観察されているが、Au4f シグナルでは、浅い脱出角においてピークが、ほぼ存在しない。この傾向は、とりわけ、アスペクト比が大きい Si 試料で顕著であった（図 1(d)）。以上の結果は、Si トレンチ構造の底部に配置させた Au 触媒が、試料と検出器の軸を合わせる際の目印として機能することを表す。

さらに、MACE 後の試料に対し、ヨウ素系 Au エッチング液を用いて底部の Au を除去し、ARXPS 測定を行った。図 1(e)に θ_{takeoff} が 90° での Si2p スペクトルを示す。Au 除去後の Si2p スペクトルは低エネルギー側に肩ピークを持ち、Au を埋め込んだ試料とは明らかに異なっている。これは、トレンチの上面と底部で Si の表面状態が異なり、Au 除去後は底部の情報を含んだシグナルが検出されたことを示唆している。提案した手法を発展させれば、高アスペクト比構造の底部に対するウェット/ドライ洗浄プロセスの評価に適用できると期待される。

参考文献

- [1] Y.-G. Liaw et al., Solid-State Electron 126, 46-50 (2016).
 [2] C.-J. Sun et al., IEEE J. Electron Devices Soc. 8, 1016-1020 (2020).

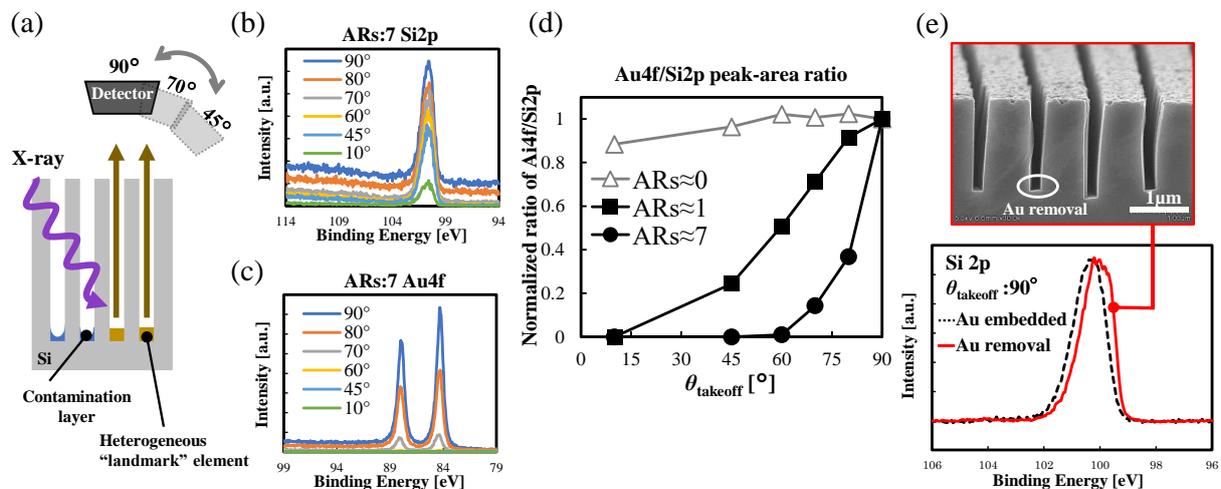


Fig.1. (a) Proposed method to evaluate cleaning properties at the bottoms, (b) Si2p, and (c) Au4f spectra obtained by angle-resolved XPS on a Si sample with trenches of which Aspect Ratios(ARs) is about 7, (d) Area ratio of Au to Si peaks for a sample with different ARs, (e) Cross-sectional SEM image after Au removal together with the change in Si2p spectra ($\theta_{\text{takeoff}}:90^\circ$) after Au removal by this removal process.

TMDC 及び black phosphorus における光誘起電気伝導の理論解析 Theoretical analysis of photo-induced conductivity in TMDC and black phosphorus

神戸大院工 中西 央, 相馬 聡文

Akira Nakanishi and Satofumi Souma

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Kobe University

E-mail: ssouma@harbor.kobe-u.ac.jp

IoT (Internet of Things) 社会の到来により、様々な物理情報を高速に検知し、処理する技術、すなわち各種センシング素子の高性能化への需要が高まっている。例えば光デバイス (光センサ等) においては、アプリケーションごとに要求される種々の波長帯での光検出の高感度化が重要であるが、その需要に応えるためには、用途ごとに適切なマテリアルデザインが求められる。そのような背景の中、近年、グラフェン、MoS₂等の遷移金属ダイカルコゲナイド系物質 (TMDC)、フォスフォレン等の二次元半導体がその優れた電氣的、熱的、光学的性質から、各種物理情報センシングのための材料として注目されている。二次元半導体は材料や層数によって光を吸収できる波長帯が異なるので、狙った波長帯の光のセンシングに適していると考えられている。また、材料の特定においても光吸収特性は重要な情報をもたらし、特に、電流を流すための電界方向と入射する光の偏光方向の関係が光誘起電気伝導に与える影響は、その物質の特定および光センサの設計において重要な役割を果たす。これまで、グラフェン及び歪みグラフェンの異方的光誘起伝導に関するシミュレーション結果を報告したが[1]、本研究ではその知見を土台として、TMDC 及びフォスフォレン (black phosphorus) を材料とした、原子論的タイトバインディング法及びボルツマン方程式に基づく数値シミュレーションを用い、これらの物質の光誘起電気伝導、特にその異方性を明らかにする (Figs. 1, 2)。講演では、その結果の詳細及び物質特定及び光センサ応用のための知見について報告する。

[1] A. Mehdipour, K. Sasaoka, M. Ogawa, and S. Souma, to appear in Jpn. J. Appl. Phys. **53** 115103

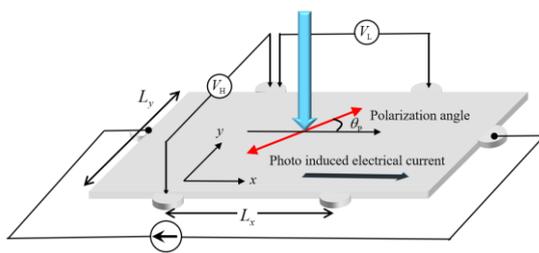


Fig. 1. Schematic illustration for the measurement of photo-induced conductivity.

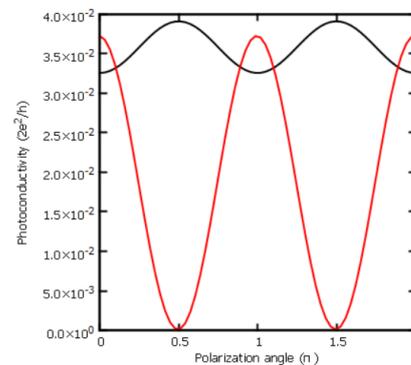


Fig.2. Photo-conductivity of graphene-like material (black) and phosphorene (red) as a function of light-polarization direction.