

表面科学に基づく新しい非蒸発型ゲッターの開発とその展望

KEK 物構研 PF ^A, 総研大 ^B

間瀬一彦 ^{A,B}

超高真空中で加熱すると反応性の高い表面が生成し（活性化）、残留ガスを排気する機能性材料を非蒸発型ゲッター（NEG）と呼ぶ。NEG は、活性化時以外では電力を必要としないにもかかわらず、数年以上にわたり超高真空を維持できることから、真空関連産業に応用できれば大幅な節電を実現できる。最近我々は、133°C、6 時間のベーキング後に H₂ と CO を排気する新しい NEG である無酸素 Pd/Ti を開発した[1]。無酸素 Pd/Ti の H₂ と CO に対する排気速度は、真空排気とベーキング、大気導入のサイクルを繰り返しても低下しない [2]。本技術を用いて製作した ICF203 ゼロリングス NEG ポンプ（図 1）の 150°C、12 時間ベーキング後の室温における H₂ および CO に対する初期排気速度はそれぞれ 2340 L/s、1440 L/s であった（図 2） [3]。本講演では無酸素 Pd/Ti など表面科学に基づく新しい非蒸発ゲッターの開発とその展望について紹介する。

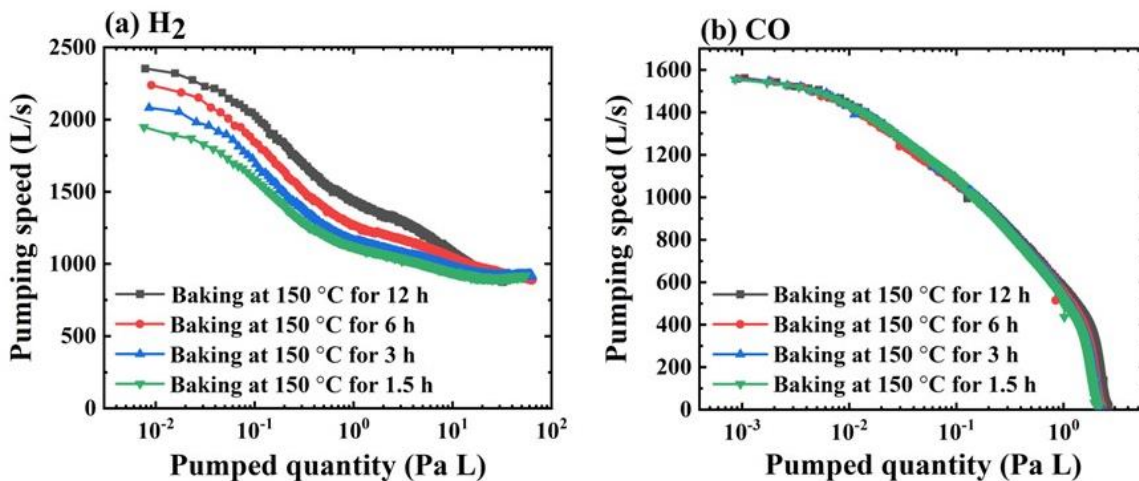
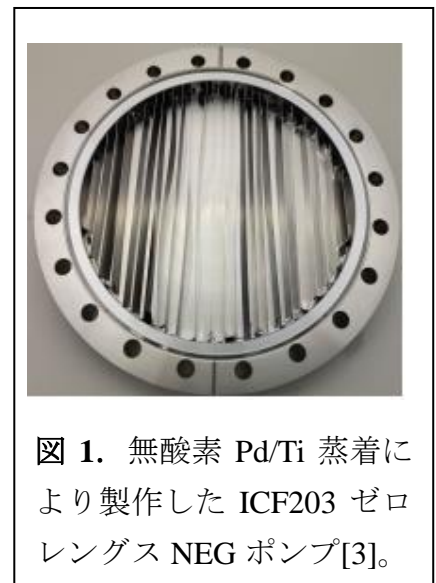


図 2. 無酸素 Pd/Ti 蒸着 ICF203 ゼロリングス NEG ポンプの排気速度[3]。

引用文献

- [1] T. Miyazawa *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A **36**, 051601 (2018).
- [2] T. Kikuchi *et al.*, AIP Conf. Proc. **2054**, 060046 (2019).
- [3] Y. Sato *et al.*, Vacuum **212**, 112004-1-9 (2023).

真空装置用材料の表面処理

株式会社 アルバック

稲吉さかえ

【はじめに】 真空装置用材料の表面処理にはガス放出速度が小さいことが求められる。更に、スパッタリングや CVD（化学気相蒸着）などの成膜装置では使用箇所によって目的に応じた性質が求められる。例えば、成膜をする基板以外の場所に付着した膜が剥離し発塵源にならないようにすることや、反応性ガスに対する耐食性、また、真空中で部材を加熱する場合には、熱交換がしやすい高輻射率などが必要とされる。今回は、「真空装置用の一般的な構造材料であるステンレス鋼及びアルミニウム合金の電解研磨処理」について、「CVD用の表面処理として、チャンバー内に付着した膜のクリーニングに使われるフッ素系ガスに対する耐食性表面処理」について、最後に、「高輻射率の表面処理」について述べる。

【電解研磨処理】 真空装置では、部材を機械加工等で製作した後に最終洗浄として、電解研磨などのウェットエッチングを行いその後、清浄性を確保する精密洗浄を行うことが多い。電解研磨されたステンレス鋼は、表面に緻密な薄い酸化層が形成されこの表面のガス放出速度は小さいことが知られている。一方電解研磨されたアルミニウム合金はガス放出量が多い。これは、電解研磨で形成された表面酸化皮膜がポーラスな形態であることが原因と推察される。ポーラスな酸化膜形状をなくすことで、ガス放出を少なくすることができた¹⁾。

【アルミニウム合金フッ素系ガスの耐食処理】 アルミニウム合金の耐食処理はアルマイト処理と呼ばれる汎用処理がある。この処理は、CVD やエッチングを行う真空装置にも用いられる。アルマイト処理は、アルミ合金の表面に湿式でアルミニウムの酸化皮膜を形成する。この皮膜はポーラスであり、ガス放出が金属表面に比べて 1000 倍から 10000 倍に増加する。また、熱により酸化皮膜にひび割れが生じて耐食性が悪化する。これらの問題を解決したマイクロアーク型陽極酸化処理²⁾について述べる。

【高輻射表面処理】 薄膜形成装置では真空装置内での加熱が行われる。真空中の熱伝導は輻射が主である。金属表面は一般的に輻射率が小さく真空中の熱伝導には不向きである。母材がアルミニウム合金の場合、アルマイト処理が有効であることが知られているが、ガス放出が多い。そこでドライプロセスで部材表面に成膜することを考え、低ガス放出で高輻射率として開発した $AlTiN$ ³⁾について述べる。

【文献】 1) 塚原園子他：真空, **43**, 209 (2000), 2) 石樽文昭他：表面と真空, **63**, 61 (2020) 3) 佐藤勝：JVSJ, **56**, 237 (2013)。

【謝辞】 これらの表面処理は (株) アルバック 塚原園子さん、齋藤一也さん、石樽文昭さん、茂木かおりさん、(株) アルバックテクノ 佐藤洋志さん、タイゴールド佐藤勝さん、旧三愛プラント工業 (株) 石澤克修さん、野村健さんとの共同で開発したものが含まれています。ここに皆様への感謝を記します。

電子線ホログラフィー、DPC-STEM 等の電子顕微鏡による

半導体の電位分布観察

古河電工(株)^A, ファインセラミックスセンター^B, 東京大学^C

佐々木宏和^A, 大友晋哉^A, 穴田智史^B, 山本和生^B, 平山司^B, 柴田直哉^C

光通信用の半導体レーザーは、pn 接合が複雑に設計された構造となっている。設計通りに作製されているか確認するためにも、デバイス中の 2 次元電位分布評価を行う必要があるが、通常の TEM 手法では観察が容易ではない。一方、学術分野において電子線ホログラフィーを用いた pn 接合観察の研究が 2000 年前後から進展した。ファインセラミックスセンターと当社は GaAs, InP などの化合物半導体について研究を進め¹⁾、図 1(a)に示すような半導体レーザーの電位分布を明瞭に観察することに成功した。図 1(a)の点線で囲った部分を拡大観察した位相像を図 1(b)に示す。ここで、設計上の pn 接合は点線で描かれた場所であったが、電子線ホログラフィー観察の結果より、本来の位置に存在していなかったことが判明した。この半導体レーザーは、所望の出力特性が出なかった製品であるが、この観察で判明した pn 接合の構造上の欠陥が要因であると考えられる²⁾。

一方、東京大学と当社は DPC(Differential Phase Contrast)-STEM を用いた pn 接合観察の共同研究を進めた。図 1(c)は GaAs の pn 接合の DPC-STEM 像である³⁾。pn 接合が明瞭に観察されており、本手法でも半導体デバイス解析への応用が可能である。

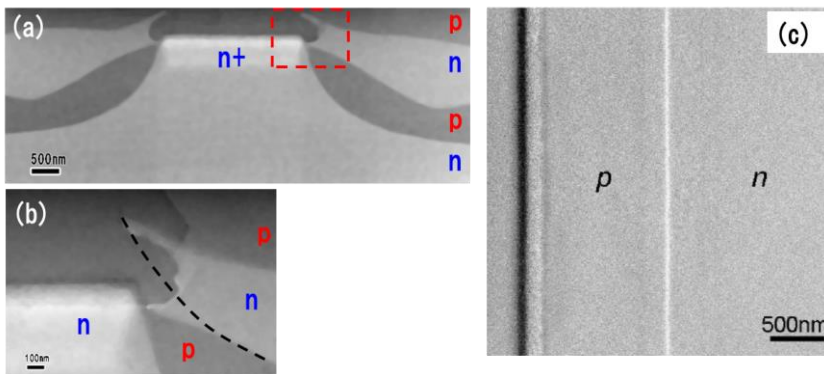


図1 (a) 半導体レーザーの電子線ホログラフィーによる位相像。(b) 図1(a)の点線部分を拡大した位相像。(c) GaAs の pn 接合の DPC-STEM 像。

参考文献

- 1) H. Sasaki, et al., Microscopy, 63 (2014).235.
- 2) H. Sasaki, et al., Furukawa Review, 46 (2015) 19.
- 3) N. Shibata, et al., Scientific Reports, 5 (2015), 10040.

表面・真空のアウトリーチ

東京工業大学理学院物理学系
山崎 詩郎

2018年と2019年、日本最大級のショッピングセンターであるラゾーナ川崎と隣接する東芝未来科学館にて、「科学実験ひろば 水と空気の運動会」を開催した(右図)。表面や真空に関する実験ブースを屋外と室内に20種用意、全てを遊びながら科学を学べるゲーム形式に統一した。このイベントには2日間で計7100人もの親子が殺到し大盛況となった¹⁾。しかしながら、2020年初頭に発生した新型コロナウイルス感染症のため、多くの人を集めるこの企画は一時中断となった。これを好機ととらえ、対面で人を集めないYouTube企画に大きく舵を切った。



実験系 YouTuber の GENKILABO 市岡元気さんに協力を仰ぎ、第1弾は表面をテーマにした「世界最大級のシャボン玉」、第2弾は真空をテーマにした「超高級フルーツを真空にして丸ごと宇宙食にしてみた」、第3弾は表面をテーマにした「硫酸ぶっかけても世界の撥水スプレーなら防げる説」を公開し、再生回数はそれぞれ約15万回、約33万回、約24万回を達成した^{2,3,4)}。続いて、QuizKnock の須貝さんに協力を仰ぎ、第4弾は真空をテーマにした「マシュマロを真空にしたらちぢむ? ふくらむ?」を公開し、約35万回の再生回数を達成した(右図)。



当学会とは無関係だが、研究者個人として関西TVの新番組「かまいたちの机上の空論城」に出演した。初回には真空の専門家として「スキンヘッドを10人集めれば吸盤で2tトラックを引っ張れる」という空論を掲げ、生中継特集では表面の専門家として「芝ソリ-1グランプリ」に出場した。

当日は、これまでに実施した表面と真空に関する大規模な対面企画、YouTube企画、TV企画の事例を具体的にお伝えする。

- 1)山崎詩郎: 応用物理 91, 644 (2022). 2)山崎詩郎: 表面と真空 64, 189 (2021).
3)山崎詩郎: 表面と真空 65, 242 (2022). 4)山崎詩郎: 表面と真空 66, 553 (2023).

バイオインテグレーションに向けた薄膜エレクトロニクスの開発

東京工業大学生命理工学院^A

藤枝 俊宣^A

ロボティクス・再生医工学・情報科学技術の進展により、生体と機械（デバイス）の融合が実現しつつある。生体融合（バイオインテグレーション）を実現するためには、生体特有の化学的・物理的・機械的性質に「馴染む」界面の設計が重要である。近年では、フレキシブルデバイスによる健康管理システムが社会実装され、デバイス形態も装着型から貼付型へと進化している。我々のグループでは高分子ナノ薄膜やエラストマー薄膜をプリントドエレクトロニクスにて機能化させることで、柔らかい生体組織に取り付け可能な薄膜エレクトロニクスの開発を進めている[1]。高分子薄膜は、膜厚の減少に伴い柔軟性と追従性が増大するため、接着剤を用いずに生体組織に貼付できるという特長がある。また、広範な表面積を有する薄膜を極薄の回路基材と見做せば、各種印刷技術を用いることで生体組織に貼付して作動可能な生体貼付型デバイスが得られる（図1）[2]。本講演では、薄膜エレクトロニクスを基盤技術とする生体貼付型デバイスについて、最近の研究成果を紹介し、バイオインテグレーションへの展望を述べる[3-6]。

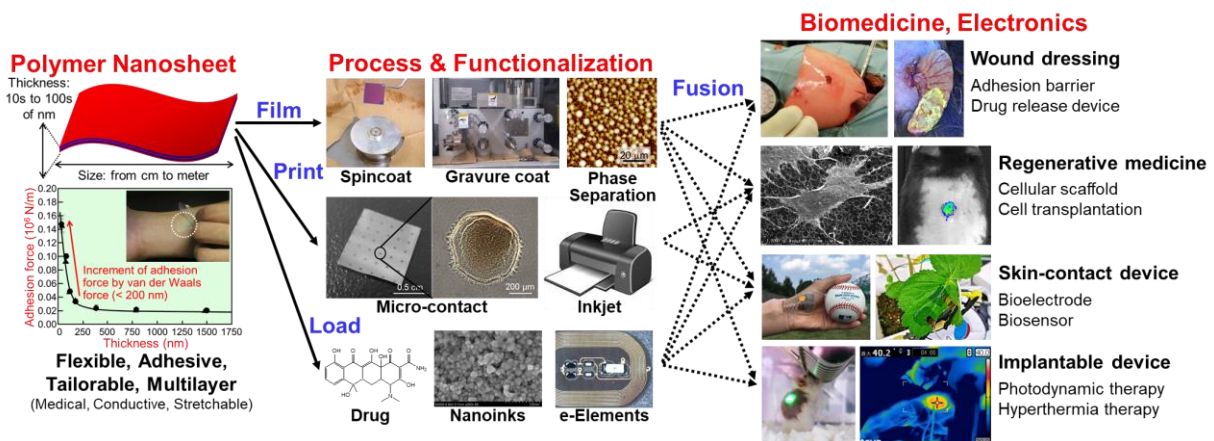


図1 高分子薄膜を基盤とする生体貼付型デバイス

文献

[1] K. Yamagishi, S. Takeoka, T. Fujie, *Biomater. Sci.*, **7**, 520-531 (2019). [2] 藤枝俊宣, 武岡真司, *化学と工業*, **70**(6), 494-496 (2017). [3] K. Yamagishi, T. Fujie, *et al.*, *Nat. Biomed. Eng.*, **3**, 27-36 (2019). [4] M. Saito, T. Fujie, *et al.*, *Adv. Funct. Mater.*, **31**, 2102444 (2021). [5] A. Imai, T. Fujie, *et al.*, *Adv. Mater. Technol.*, **8**(21), 2300300 (2023). [6] K. Okada, T. Fujie, *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, in press (2024). DOI: 10.1021/acsami.3c19320

日本表面真空学会におけるダイバーシティ推進活動

物質・材料研究機構^A、(株)島津製作所^B、お茶の水女子大学^C

板倉明子^A・梶谷良野^B・近松彰^C・粉川良平^B

表面科学会と真空学会との合併時に発足したダイバーシティ委員会は6周年を迎え、一層の役割が期待されている。その現状とこれからを考える特別セッションを企画した。

- (1) 学会のダイバーシティに関する取り組みの紹介
- (2) 物質・材料研究機構(NIMS)やお茶の水女子大学での取り組み事例
- (3) 島津製作所での取り組み事例
- (4) 会場も交えたパネルディスカッション

日本表面真空学会ダイバーシティ委員会では、以下の事業を推進してきた。

- ① キックオフシンポジウムを行い¹⁾ 女性研究者の学会への参加・活躍を促進した。
- ② 表面真空学会女性研究者賞(若手女性研究者優秀賞・女子大学院生優秀賞)を創設²⁾。
- ③ 学術講演会や国際会議での託児室設置、ベビーシッター料金の補助を開始した。
- ④ 男女共同参画学協会連絡会のオブザーバー参加学会となり、他学会と情報共有。

また、会誌『表面と真空』の連載企画である「ダイバーシティ通信」では、大学や企業、研究所などからの課題や報告を会員が共有することで、理想的なダイバーシティ推進は何か、今後どのように進むべきなのかなどを会員に考えてもらうことで、意識改革や啓もう活動を進めようと試みた³⁾。

しかし、表面真空学会の女性比率は変わらず10%以下で、学生会員に限定しても20%に満たない。組織における女性割合の増加をはじめとしたダイバーシティ推進の活動は、表面真空学会だけではなく、他の国内の大型学会、大学や企業などでも同様の課題を持っている。ICWIP(女性物理学国際会議)等の国際会議に参加すれば、女性研究者の登用やダイバーシティ推進が日本国内のみで問題視されている課題でないことも実感する。

本セッションでは、ダイバーシティ委員会の取り組みを振り返った後、NIMS、お茶の水女子大学⁴⁾、(株)島津製作所⁵⁾の事例をご紹介し、後半ではパネルディスカッション形式により会場からの意見も交え、ダイバーシティ推進活動の現状と将来を議論する。

1)玉田薫：「ダイバーシティ・キックオフシンポジウム開催報告」表面と真空 62 (2019)170

2)「若手女性研究者特集企画」表面と真空 64 (2021) 3月号

3)板倉明子、粉川良平：「ダイバーシティ通信、始めます」表面と真空 65 (2022) 244-245

4)お茶の水女子大 HP：<https://www.cf.ocha.ac.jp/igl/j/menu/propulsion/index.html>

5)梶谷良野：「企業におけるダイバーシティの取り組み」表面と真空 65 (2022) 542-543