

# 2024年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】 超高真空下で蒸着した超低ガス放出高純度金属蒸着膜の産業応用に関する調査研究

【整理番号】 24-KEK02

【代表機関】 高エネルギー加速器研究機構

【調査研究代表者(氏名)】 間瀬 一彦

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

産業技術総合研究所：	簗原 誠人
筑波大学：	山田 洋一
東京大学：	福谷 克之
東北大学：	江島 文雄

【TIA 外連携機関】

日本原子力研究開発機構、量子科学技術研究開発機構、横浜国立大学、千葉大学、成蹊大学、東京科学大学(旧東京工業大学)、東京理科大学、愛媛大学、東京学芸大学、東京電機大学、弘前大学、広島大学、高輝度光科学研究センター、入江工研(株)、(有)パロックインターナショナル、ローツェ(株)、(株)ウイザップ偕揚社、(株)アドバンテック、バキュームプロダクツ(株)、コミヤマエレクトロン(株)、VISTA(株)

【報告書作成者】

間瀬 一彦

【報告書作成年月日】

2025年3月21日(金)

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

2024年10月9日(水)に、令和6年度TIA連携プログラム調査研究「超高真空下で蒸着した超低ガス放出高純度金属蒸着膜の産業応用に関する調査研究」のZoomミーティングをオンライン開催した。参加者は50名で、活発な議論が交わされた。

参加者の所属は、TIA中核6機関21名(内訳は、産総研：1名、NIMS：2名、KEK：8名、筑波大：2名、東大：4名、東北大：4名)のほか、研究機関、大学等9名(内訳は、高輝度光科学研究センター：1名、弘前大学：1名、広島大学：1名、東京理科大学：1名、横浜国立大学：1名、成蹊大学：2名、東京科学大学(旧東京工業大学)：1名、大阪大学：1名)、民間企業20名(内訳は(有)パロックインターナショナル：1名、入江工研(株)：4名、ローツェ(株)：1名、(株)ウイザップ偕揚社：3名、(株)アドバンテック：2名、バキュームプロダクツ(株)：1名、コミヤマエレクトロン(株)：2名、田中貴金属工業(株)：1名、(株)日立ハイテック：2名、浜松ホトニクス(株)：1名、三愛オブリテック(株)：1名、(株)レゾナック：1名、であった。産業応用が重要テーマであったため、真空関連企

業からの参加者が多かった。以下にプログラムを添付する。本ミーティングにより、超高真空下で蒸着した超低ガス放出高純度金属蒸着膜の産業応用に関する調査研究が大きく進展した。

プログラム（敬称略）：

- 9:00～9:30 「趣旨説明、KEK・産総研・(有)バロックインターナショナルでの研究計画紹介」、間瀬一彦（KEK）
- 9:30～9:50 「放射光源加速器の真空のための高機能金属コーティング膜の開発」（金 秀光（KEK））
- 9:50～10:10 「3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu（ナノテラス）の現状」（虻川 匡司（東北大））
- 10:10～10:30 「Defect structure formation on metal surfaces under low-energy, high-flux hydrogen plasma irradiation」（Markus Wilde（東大））
- 10:30～10:45 休憩
- 10:45～11:25 「イオントラップ量子コンピュータにおける超高真空技術への期待」、田中 歌子（阪大）
- 11:25～11:45 参加民間企業の紹介  
「入江工研(株)の紹介」 矢部学（入江工研(株)）  
「(有)バロックインターナショナルの紹介」  
西口 宏（(有)バロックインターナショナル）  
「ローツェ(株)の紹介」 小川 直樹（ローツェ(株)）  
「(株)ウイザップ偕揚社の紹介」 鍋田 一誠（(株)ウイザップ偕揚社）  
「(株)アドバンテックの紹介」 泉 優弥（(株)アドバンテック）  
「バキュームプロダクツ(株)」 出石 博之（バキュームプロダクツ(株)）  
「コミヤマエレクトロン(株)の紹介」 地場 弘行（コミヤマエレクトロン(株)）  
「VISTA(株)の紹介」 大迫信治（VISTA(株)）（代表発表：間瀬）

11:45～12:00 総合討論

大野真也准教授、修士課程の吉田圭佑君（横国大）、垣内准教授（愛媛大）、小澤教授、間瀬で「光電子分光による表面部分窒化高純度チタン蒸着膜の研究」に関する打ち合わせを数回実施した。

修士課程の大庭託優君、中野武雄教授（成蹊大）らが成蹊大学において高純度チタン蒸着膜を作製し、数回打ち合わせを行うとともに、KEK において排気特性を評価した。

入江工研（株）と KEK で共同研究「真空排気性能ペローズ、真空容器、箔の開発」を実施し、打ち合わせを 16 回行った。

（有）バロックインターナショナルと KEK で共同研究「無酸素 Pd/Ti 蒸着条件の最適化」を実施し、打ち合わせを数回行った。

その他の連携活動に関しては、メール等でのやり取りを行うとともに、メンバーが共同利用等で KEK を訪れたときに個別に打ち合わせを行った。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

1. 光電子分光による表面部分窒化高純度チタン蒸着膜の研究（横国大と JASRI、愛媛大、KEK の連携研究）

KEK において作製した部分窒化高純度チタン蒸着膜について、修士課程の吉田圭佑君および大野真也准教授（横国大）、高木康多研究員（JASRI）が SPring-8 において測定した角度分解放射光硬 X 線光電子分光データを解析した。その結果と、KEK において実施した放射光軟 X 線光電子分光研究、排気速度測定研究と合わせて、吉田君が修士論文「光電子分光による表面部分窒化高純度チタン蒸着膜の研究」にまとめ、修士号を取得した。間瀬、小澤健一教授（KEK）、垣内拓大准教授（愛媛大）も吉田君をサポートした。

2. DC およびバイポーラ大電カスパッタリング法で部分窒化無酸素無炭素チタン蒸着膜の SEM、XPS、XRD による評価（成蹊大と KEK の連携研究）

修士課程の大庭託優君、中野武雄教授（成蹊大）らが成蹊大学において、DC およびバイポーラ大電カスパッタリング法で部分窒化チタン蒸着膜を作製し、KEK において排気特性を評価した。本研究の成果として以下の 1 件の学会発表を行った。本研究で大庭君が修士論文「表面部分窒化チタン膜による非蒸発ゲッタコーティングの排気特性評価」にまとめ、修士号を取得した。

- 1) “Nitridation Processes of Ti Films for Non-Evaporable Getter Coating”, Takuya Ohba, Takeo Nakano, Md. Suruz Mian, Yuka Fujii, Kazuhiro Mase, Takashi Kikuchi, The 17th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes (ISSP2024) (Kyoto Research Park, Kyoto, Japan), July 5, 2024 (Poster Session P5-01).

3. KEK において無酸素 Pd/Ti 蒸着および表面部分窒化高純度チタン蒸着を放射光ビームラインに応用する研究を行なった。本研究の成果として以下の 1 報の原著論文を報告した。

- 1) “Oxygen-free Pd/Ti deposition applied for the first mirror test chamber of a new soft X-ray beamline BL-11 in Photon Factory”, Kazuhiko Mase, Takashi Kikuchi, Ryoma Kataoka, Hirokazu Tanaka, Haruno Ishii, Hiroaki Nitani, Daisuke Wakabayashi and Takuji Ohigashi, J. Phys. Conf. Ser., in press.

また、以下の 7 件の学会発表を行った。

- 1) “Application of Oxygen-Free Pd/Ti Nonevaporable Getter (NEG) Deposition to a Large Chamber with DN200CF (CF253) Ports”, Takashi Kikuchi, Ryoma Kataoka, Hirokazu Tanaka, Daisuke Wakabayashi, Takuji Ohigashi, Kazuhiko Mase, The 10<sup>th</sup> International Symposium on Surface Science (ISSS-10), Kitakyushu International Conference Center (Kitakyushu), Oct. 24, 2024 (Poster Presentation, 5P96).

- 2) “Application of surface-partially-nitrided high-purity Ti deposition as a nonevaporable getter coating for beamline 12C in Photon Factory”, Takashi Kikuchi, Ryoma Kataoka, Hirokazu Tanaka, Takuji Ohigashi, Daisuke Wakabayashi, Hiroaki Nitani, Namiki Uezono, Takeaki Sakurai, Kazuhiko Mase, 15th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2024) (Congress Center Hamburg, Hamburg, Germany), Aug. 27, 2024 (Poster Session, 1.213).
  - 3) “Oxygen-Free Pd/Ti Deposition Applied for Soft X-ray Beamline 12A in Photon Factory”, Kazuhiko Mase, Takashi Kikuchi, Ryoma Kataoka, Hirokazu Tanaka, Daisuke Wakabayashi, Takuji Ohigashi, 15th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2024) (Congress Center Hamburg, Hamburg, Germany), Aug. 27, 2024 (Micro Symposium MS2/1).
  - 4) 「放射光ビームライン用4象限スリットへの無酸素Pd/Ti 非蒸発ゲッター蒸着」、菊地貴司、片岡竜馬、田中宏和、若林大佑、大東琢治、石井晴乃、仁谷浩明、間瀬一彦、第38回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (JSR2025)、つくば国際会議場 (茨城)、1月12日 (日) (ポスターセッション、12P-25)。
  - 5) 「第1 ミラーテストチェンバー内面への無酸素Pd/Ti 非蒸発ゲッター蒸着」、間瀬一彦、菊地貴司、片岡竜馬、田中宏和、石井晴乃、仁谷浩明、若林大祐、大東琢治、第38回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (JSR2025)、つくば国際会議場 (茨城)、1月12日 (日) (ポスターセッション、12P-26)。
  - 6) 「新しい非蒸発型ゲッターの開発とその展望」、間瀬一彦、第10回さきがけ「構造機能と計測分析」卒後研究会(終了領域研究会)、別府亀の井ホテル・由布の間(大分)、2024年10月19日(土)(口頭発表)。
  - 7) 「放射光ビームライン用4象限スリットへの無酸素Pd/Ti 非蒸発ゲッター蒸着」、菊地貴司、片岡竜馬、田中宏和、若林大佑、大東琢治、石井晴乃、仁谷浩明、間瀬一彦、第21回日本加速器学会年会、山形テルサ (山形)、2024年8月1日 (木) (ポスターセッション、THP077)。
4. 入江工研(株)とKEKで共同研究「真空排気性能ペローズ、真空容器、箔の開発」を実施し、その成果として、以下の2件の学会発表を行った。
- 1) “Improvement in Stability of Reactivation Performance of Oxygen-Free Pd/Ti Deposited Nonevaporable Getter (NEG) Pump”, Yu Kano, Kenichi Hamanaka, Manabu Yabe, Yoshihiro Kato, Yusuke Masaoka, Takashi Kikuchi, Kazuhiko Mase, The 10th International Symposium on Surface Science (ISSS-10), Kitakyushu International Conference Center (Kitakyushu), Oct. 24, 2024 (Poster Presentation, 5P100).

- 2) 「無酸素 Pd/Ti 蒸着非蒸発型ゲッター(NEG)の再活性化性能の安定性向上」、狩野 悠、濱中健一、矢部学、正岡祐介、菊地貴司、間瀬一彦、第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (JSR2025)、つくば国際会議場 (茨城)、2025 年 1 月 10 日 (金) ~1 月 12 日 (日) (ポスターセッション、12P-28)。  
また、以下の 1 件の国内特許を出願した。
  - 1) 間瀬一彦、菊地貴司、狩野 悠、矢部 学、正岡裕介、濱中健一、「非蒸発型ゲッターコーティング部品、非蒸発型ゲッターコーティング容器、その製造方法および製造装置」(出願番号：特願 2024-184080、出願日 2024 年 10 月 18 日、審査請求中)
5. (有) バロックインターナショナルと KEK で共同研究「真空排気性能ベローズ、真空容器、箔の開発」を実施し、その成果として、以下の 3 件の学会発表を行った。
  - 1) “Oxygen-Free Pd/Ti Nonevaporable Getter (NEG) Deposition Applied for DN16 ConFlat (CF34) Cube and Flanges”, Hiromu Nishiguchi, Takashi Kikuchi, Kazuhiko Mase, The 10th International Symposium on Surface Science (ISSS-10), Kitakyushu International Conference Center (Kitakyushu), Oct. 24, 2024 (Poster Presentation, 5P99).
  - 2) 「無酸素 Pd/Ti 蒸着 ICF34 ゼロレンガス非蒸発型ゲッター(NEG)ポンプの開発」、西口宏、菊地貴司、間瀬一彦、第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (JSR2025)、つくば国際会議場 (茨城)、2025 年 1 月 10 日 (金) ~1 月 12 日 (日) (ポスターセッション、12P-27)。
  - 3) 「二重無酸素 Pd/Ti 蒸着を行った非蒸発型ゲッター(NEG) ポンプの開発と排気性能評価」、間瀬一彦、菅野隆之輔、菊地貴司、西口宏、大野真也、第 21 回日本加速器学会年会、山形テルサ (山形)、2024 年 7 月 31 日 (水) (ポスターセッション、WEP081)。

#### 【今後の活動予定】

かけはしの継続課題を申請する。