

ナノ材料・半導体材料開発を加速する 超高真空技術



超軽量・コンパクト・電源不要の真空トランスファーケース

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

ナノ材料や半導体材料の開発において、超高真空技術は欠かせない。超高真空環境下で製造することで不純物の混入を防ぎ、高純度で高品質な材料の製造が可能となる。また、ナノ材料や半導体の性能は、表面特性が重要な役割を果たす。超高真空環境では、酸素や水蒸気などの気体が極めて少なく、これら材料の表面に酸化や汚染が生じず、その特性を維持できる。また、このような環境で作られたナノ材料や半導体材料の研究には、高精度な分析が不可欠である。電子顕微鏡などの分析装置は超高真空環境下で動作し、材料の詳細な構造や特性を高解像度で観察ができる。

では、超高真空環境下で製造した材料をそのままの状態ですぐに超高真空環境下の分析装置へ運ぶにはどうしたらよいのか？

■ 活動内容

1. 表面改質技術

J-PARCでは、チタンで作られた真空容器内部の表面を改質することで真空容器自体をゲッターポンプとする技術を発明した。具体的には、チタンの表面を覆う酸化膜をスパッタリングで除去し、さらにその上にNEG(非蒸発型ゲッター、non-evaporable getter)コーティングをして保護するという一連の表面改質手法である。この手法では、真空容器を大気に暴露しても、真空中で約1日程度、約200℃で加熱して常温に戻すという簡単な処理(活性化)で再度ゲッター性能を持つことが可能である。また、大気開放と活性化を繰り返しても真空性能が劣化しない。

2. トランスファーケースへの応用、実証試験

上記表面改質技術を応用し、超軽量・コンパクト・電源不要なトランスファーケースを開発した(図1)。

トランスファーケースの容器をチタン製とし、内面の酸化膜を除去した後、NEGコーティングをしてトランスファーケース自体をゲッターポンプとして機能させた。これにより、従来のトランスファーケースは約30kgと重かったのに対し、今回試作したトランス



図1 トランスファーケース

ファーケースは約6kgと大幅な軽量化に成功した。試作機は、真空ポンプを接続することなく高真空を維持する性能を持っており、電源やバッテリーも不要である。

実証試験は、J-PARC(茨城県東海村)からSPRING-8(兵庫県佐用町)まで、飛行機と鉄道により実施した。ゲッター材サンプルをトランスファーケースに入れて活性化処理を行うことで、トランスファーケースはゲッターポンプの機能を持ち、 10^{-7} Pa台の超高真空を達成した。同時にトランスファーケース内のゲッター材サンプルの表面も酸化物から金属へ変化している。

輸送後、トランスファーケースは高真空(10^{-5} Pa台)を維持していることを確認し、SPRING-8のJAEAビームライン(BL22XU)の硬X線光電子分光装置によりゲッター材サンプルの表面状態を詳細に分析した。図2にゲッター材サンプルの1つであるチタンの分析結果を示す。大気中で輸送したサンプルの表面は酸化してチタン酸化物となったが、トランスファーケースで真空を維持して輸送したサンプルは酸化することなく金属チタンの状態を維持できた。

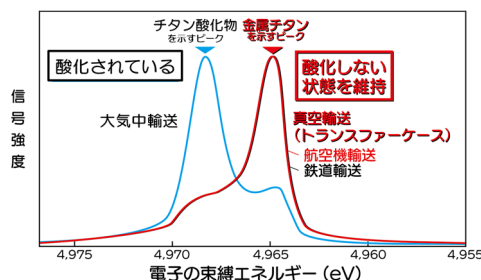


図2 ゲッター材サンプルの硬X線光電子分光分析結果

3. 今後の展開

従来の真空ポンプやその電源及びバッテリーがなくても高真空状態を維持しながらサンプルを輸送できることから、バッテリーの持ち込みが規制される空輸が可能となることで、ナノ材料や半導体材料、さらには電子顕微鏡の電子源など高真空環境での輸送が求められる装置を海外へ輸送することが可能となる。これにより、全ての真空装置・分析装置が繋がったグローバルな研究環境を実現し、物質材料の研究手法にパラダイムシフトをもたらすことが期待できる。

■ 関連情報等 特許第7195504号、特許第7446640号

代表発表者 諸橋 裕子(もろはし ゆうこ)
所 属 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
J-PARC センター
加速器ディビジョン加速器第三セクション
+ 原子力科学研究所
神谷超高真空技術開発ラボ
問合せ先 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4
TEL: 029-287-9654
Mail: morohashi.yuko@jaea.go.jp

■ キーワード: (1) 超高真空技術
(2) 表面改質技術
(3) トランスファーケース
■ 共同研究者: 神谷 潤一郎(原子力機構)
阿部 一英(原子力機構)
小島 雅明(原子力機構)
津田 泰孝(原子力機構)