

RBS 法によるナノ構造 Pd 多層薄膜上の重元素分析

Analysis of Heavy Elements on Nano-Structured Pd Multilayer Thin Films by Rutherford Backscattering Spectrometry

*岩村 康弘¹, 笠木 治郎太¹, 鶴我 薫典², 伊藤 岳彦¹, 菊永 英寿¹, 田島 龍¹, 本多 佑記¹

¹東北大学 電子光物理学研究センター, ²三菱重工業 (株)

ナノ構造 Pd 多層薄膜上の質量数 130 以上の重元素を RBS 法により初めて分析した。この薄膜には予め Cs 等の元素を添加し重水素を透過させた後に Pr が検出された薄膜である。今後の詳細な検証が必要ではあるが、XPS や ICP-MS 等で計測された Pr が RBS 法によっても確認された可能性が高い。

キーワード: RBS, パラジウム, 重水素, 多層膜, ナノ構造, プラセオジウム, ガス透過, 酸化カルシウム

1. 緒言

ナノ構造 Pd 多層膜に元素を添加し重水素ガスを透過させると、添加した元素が別の元素に変換されるという新現象が、2000 年頃に三菱重工のグループによって見出された[1]。これまでにこの方法により Cs から Pr, Ba から Sm, W から Pt 等への変換などが観測されている。特に Cs から Pr への変換については、SPRING-8 の放射光を用いた In-situ 計測により確認されており、豊田中研などが独立に再現実験に成功している[2]。

この現象は非常に低エネルギーでコンパクトに元素変換すなわち核変換が可能という革新的技術になる可能性を秘めており、経済的インパクトも非常に大きい。しかし、従来の理論では簡単には説明できないため、完全に受容されている状況ではなく、さらに実験的データや理論的考察が要求される状況にある。

本研究では、これまで XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)や XRF(X-ray Fluorescence)、ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)といった手法で同定されている、Cs が変換したと考えられる Pr を RBS(Rutherford Backscattering Spectrometry)によって同定し、Pr 検出の信頼性を更に向上させることを狙って研究を行った。XPS や XRF は電子軌道から ICP-MS は質量数から元素を同定するのに対し、RBS 法ではイオンビームを衝突させた際の後方散乱から元素を同定する手法であり、化学結合や重合分子の影響を完全に排除できる点に特徴があるためである。

2. 実験結果と考察

2-1. 実験

最初の実験は 2015 年 8 月に東大タンデム加速器で行った。20MeV の ¹⁶O ビームを用いて、ビーム電流は数 nA 程度であった。計測対象の Pr は Pd 表面に数 ng/cm² 程度しか存在しない。そのため、SN 比が十分ではなく、パイルアップ起因事象を現在の 1/10 以下にする必要があることが判明した。そこで、電子回路の工夫によりパイルアップ起因事象を抑え、2015 年 10 月、2016 年 1 月に東北大学サイクロترون施設において、128MeV の ⁴⁰Ar ビームを用いて分析を試みた。また、2 月末にタンデム加速器で計測を行う予定である。

2-2. 結果と考察

これまでの所、統計が充分とはいえないが、Cs を添加し重水素を透過したナノ構造多層膜表面に ¹⁴¹Pr に対応するエネルギーにピークが確認できる。これは、これまでの XPS や XRF、ICP-MS の結果と矛盾せず、¹⁴¹Pr が存在していることを示唆している。

3. 今後の予定

計測系の改良を行っていくことで、より説得力のあるデータを取得していきたい。また、RBS は化学結合の影響を受けずに、薄膜上の重元素分析に適していることから、この分野の分析手法の一つとして活用していきたい。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものである。

参考文献

- [1] Y. Iwamura, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 2002, 41, 4642-4648.
- [2] T. Hioki et.al, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 2013,107301.

* Yasuhiro Iwamura¹, Jirohta Kasagi¹, Shigenori Tsuruga², Takehiko Itoh¹, Hidetoshi Kikunaga¹, Ryo Tajima¹ and Yuki Honda¹

¹Research Center for Electron Photon Science, Tohoku University, ²Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.