



東北大学

報道機関 各位

平成 22 年 6 月 3 日
東北大学多元物質科学研究所

軟 X 線多層膜ミラー形状の乱れを 0.1 nm 精度で制御する技術の開発に成功
～解像度 10 nm の超高性能結像系の開発を加速～

東北大学 多元物質科学研究所(所長:河村純一教授) 津留俊英助教、羽多野忠助教の研究グループは、軟 X 線多層膜ミラーの反射波面を 0.1 nm 精度で制御できる新しい技術の実証実験に成功しました。

軟 X 線は可視光の波長の 1/10 から 1/100 程度の波長が短い光で、通常の“レンズ”や“ミラー”が使えない光ですが、2 種類の物質を交互に積み上げた多層膜ミラーは軟 X 線を反射させることができます。軟 X 線と多層膜ミラーを用いれば、高分解能な拡大像や縮小像を得ることができるため、顕微鏡や望遠鏡のキーコンポーネントとして開発が行われています。

物体を高分解能観察するためには、物体から出る光の位相(“山”と“谷”の関係)を保ったまま、拡大しなければなりません。波長のわずか 1/14 の乱れが生じても、高精細な像を見ることができません。軟 X 線は波長が 10 nm 程度ですから、1 nm 以下の乱れも許されないことになります。従って、拡大に使用する多層膜ミラーにも 1 nm 以下の高精度な形状が求められます。ところが、現在の技術で多層膜用の高精度基板を作ることは極めて困難です。私どものグループは、多層膜ミラーの表面から多層膜を 1 周期 7 nm ずつ除去すると、基板を 0.1 nm 除去したことと同等の効果が得られることを発見し、これを実現する技術の開発を行ってきました。この技術をイオンミリング法で実現すれば基板の形状を 0.1 nm 精度で整えることができます。

この度、ヤングの干渉計を応用して、イオンミリングで部分除去した軟 X 線多層膜ミラーの反射位相計測に成功し、多層膜ミラーの表面多層膜除去によって 0.1 nm 精度で波面を制御できることを実証しました。ヤングの干渉計で観察できる“縞”は、光の“山”と“谷”が重なり合って生じる模様です。縞模様が直線であれば、光で照らされている部分に乱れはありませんが、乱れがあると縞模様に曲がりが生じます。表面に半波長分の段差があると、縞 1 本分の横ズレが生じます。縞 10 本分に相当する厚さ 70 nm の多層膜を除去した多層膜ミラーの縞は、縞 1 本分にも満たないズレ量で我々の予測と完全に一致しました。軟 X 線多層膜ミラーの表面加工技術は、軟 X 線精密結像系の究極性能の解像度 10 nm の実現に重要な役割を果たします。近年の結像ミラーの加工精度は 1 nm のレベルに達しており、その高精度ミラー基板の上に多層膜をコーティングし、多層膜表面を加工することによって残存波面誤差を 0.1 nm のレベルまで低減できます。こうした超高性能結像ミラー作製法はリソグラフィ、顕微鏡、望遠鏡と、広い応用範囲が期待できます。

本詳細については、日本放射光学発行の会誌「放射光」に掲載され、5 月号の表紙を飾りました。本研究は、独立行政法人科学技術振興機構 産学イノベーション加速事業 先端計測分析技術・機器開発の支援のもとに行われました。

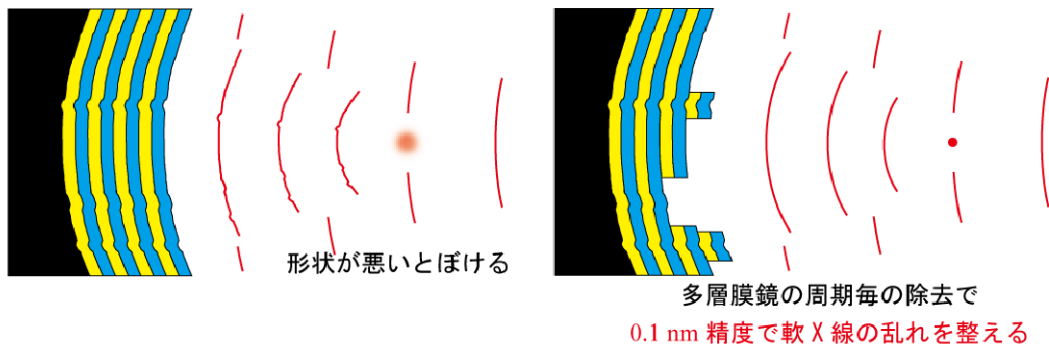


図 1. 形状が悪い軟 X 線多層膜ミラーと表面多層膜除去で乱れを整えた多層膜ミラーの反射の様子

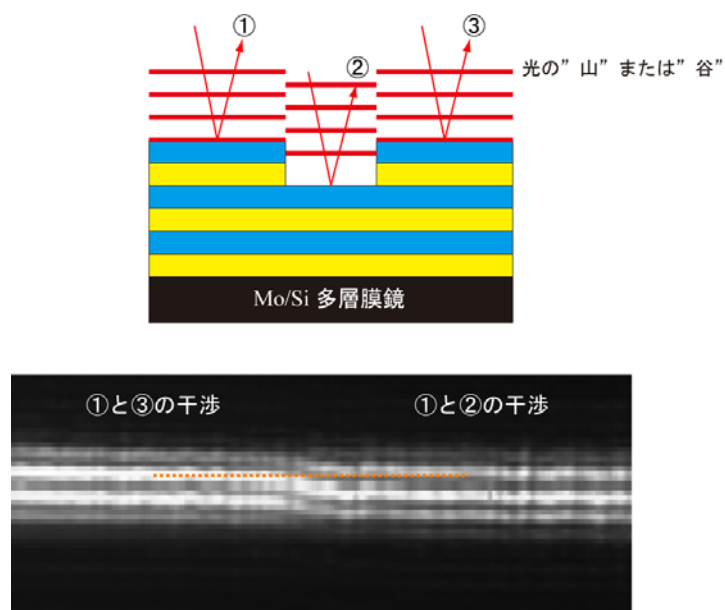


図 2. 軟 X 線ヤング干渉計による表面多層膜を除去した多層膜ミラーの干渉縞

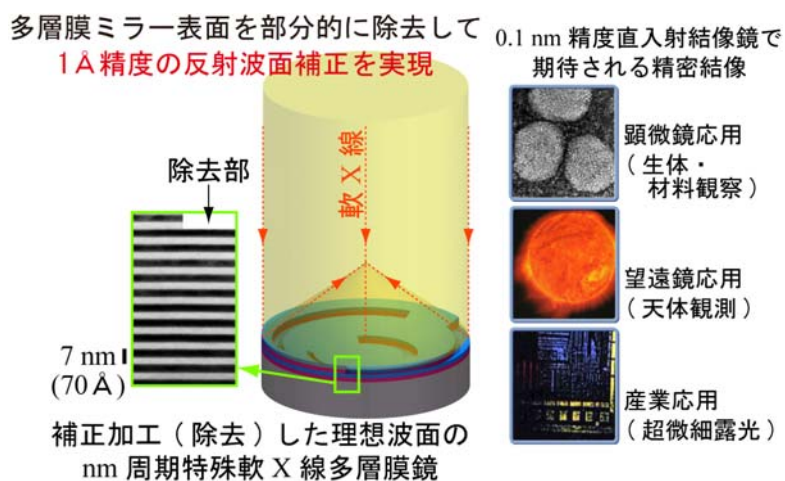


図 3. 0.1 nm 精度で光の乱れを整えた軟 X 線多層膜ミラーに期待される応用技術

(用語解説)

軟X線:

波長数 nm から数十 nm の電磁波で、紫外線より短くレントゲンで使用する X 線より長い”光”。被爆せず空気にも吸収される安全な光。

多層膜:

異なる物質を交互に積層したもので、光の強め合いの干渉効果を利用すれば反射効果を強める働きをし、弱め合い干渉効果を利用すれば反射を防止することが出来る。多層膜構造は眼鏡やカメラ用レンズの反射防止膜として利用されており、眼鏡の表面が緑色などに着色しているように見えるのはこのためである。

(お問い合わせ先)

東北大学 多元物質科学研究所

担当者: 助教 津留俊英

助教 羽多野忠

tsuru@tagen.tohoku.ac.jp

hatano@tagen.tohoku.ac.jp

Tel: 022-217-5330