



平成 20 年 4 月 17 日

報道機関 各位

東北大学多元物質科学研究所

多層膜の超精密絶対膜厚制御技術の開発に成功
～ナノテクの先 ピコメートル制御技術～

(説明)

多元物質科学研究所は軟X線(*1)反射型顕微鏡用多層膜の周期膜厚(*2)を、直径 10cm の円形曲面基板全面で所定の動径関数分布(*3)に従って、ピコメートル (ピコメートルは1兆分の1メートル: 10^{-12} m) 精度で制御して作製することに成功した。

軟X線を反射するには、物質に対してすれすれで光を入射させる斜入射反射と、表面に物質を交互に積層する多層膜からの反射を用いる直入射反射と2つの方法がある。我々の利用している多層膜による直入射反射を用いることで、一度に広い領域を観察できる軟X線反射型顕微鏡を実現できる。現在開発している波長 13.5 nm (ナノメートルは10億分の1メートル: 10^{-9} m) 用の多層膜はモリブデンとシリコンを交互に40周期積層した Mo/Si 多層膜であり、1周期の厚さは7 nm 程度である。多層膜は光の強め合いの干渉を利用しているため、使用する光線の入射角度と周期膜厚によって反射する軟X線の波長が決まる。顕微鏡で使用する4枚の多層膜鏡で反射する軟X線の波長をそろえるためには、結像に付随する入射角度の変化を打ち消すように、基板面内で所定の動径関数に従って、周期膜厚を精密に制御する必要がある。

従来、顕微鏡用多層膜の周期膜厚誤差は2%程度であった。今回、新たに成膜装置を安定化し分布測定技術とコンピュータで速度制御したシャッターによる動径関数制御技術を開発することで、4枚の顕微鏡基板への多層膜成膜の誤差を基板全面で0.4%に抑えることに成功した。絶対値では、多層膜鏡の周期膜厚を30ピコメートル以内に制御できた。この技術は、地球サイズ(直径1万3千km)の基板に周期膜厚の誤差5mm以下に絶対値制御して積層したことに相当する。しかも、基板表面は曲面で、周期膜厚も周辺部で最大2%厚い設計関数で積層する必要がある。

このピコメートル絶対精度成膜の実現により、複数枚の多層膜鏡を使った軟X線光学系で高いスループットが得られる。精密な結像を行うには入射角度の変化する複数枚の反射鏡が必須であり、まさにこの技術は軟X線多層膜光学の基盤技術となる。例えば、実用的な生体試料測定用の軟X線反射型顕微鏡が構築可能となり、従来難しかったサブミクロンサイズの生体試料を実験室規模で観察できる。これによって、タンパク質やDNAなどの生きた試料のナノメータースケール像を得ることができる。

(概要説明)

1. 軟X線反射鏡用の多層膜の周期膜厚を、曲面基板全面でピコメートル精度で動径関数制御して成膜し、理想的な反射スペクトル特性を得る技術を開発した。
2. 具体的には、成膜装置の安定化技術、周期膜厚分布の測定・制御技術を開発した。
3. モリブデンとシリコンを交互に積層した Mo/Si 多層膜を顕微鏡用超研磨凹面と凸面基板へ成膜した。
4. 4枚の入射角の異なる多層膜鏡の周期膜厚誤差を0.4%で制御することに成功した。
5. 本研究は東北大学多元物質研究所 先端計測開発センター 原田特任助教、羽多野助教と山本教授によって、文部科学省科学研究費補助金特別推進研究の補助を得てなされた研究である。

用語解説

*1. 軟X線

軟X線とは紫外線とX線との間の領域であり、次世代の半導体リソグラフィーに用いられるなど現在精力的に研究開発が進んでいる領域である。特徴として、可視光顕微鏡は0.2ミクロンの構造を判別することが限界であったが、軟X線顕微鏡では0.01ミクロンオーダーの構造を見分けることができる。

