



東北大学

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

軟X線の『水の窓』領域の光学特性評価装置の開発に成功  
～世界初のレーザー生成プラズマ光源軟X線分光計測装置～

(説明)

X線は透過力が強く、物体の内部を観察する手段によく用いられる。軟X線と呼ばれる、波長が紫外線とX線の間にある光線は、透過力は落ちるが、逆に物体との相互作用が強いので物質研究に適している。また、軟X線は、波長が可視光線の600 nm (nmは1 μmの千分の一)の100分の1で、数nmと短い。顕微鏡の解像度は原理的に使用する波長程度であり、従来の波長600 nmの顕微鏡の解像度を遥かに越えたnm解像度の顕微鏡が実現できる。特に波長2～4 nmの領域の軟X線は水による吸収が比較的小さいので「水の窓」と呼ばれ、細胞を電子顕微鏡のように乾燥させることなく水を含む状態で生きたまま観察できる。すると、従来は観測できなかった細胞内の変化が観測できる。

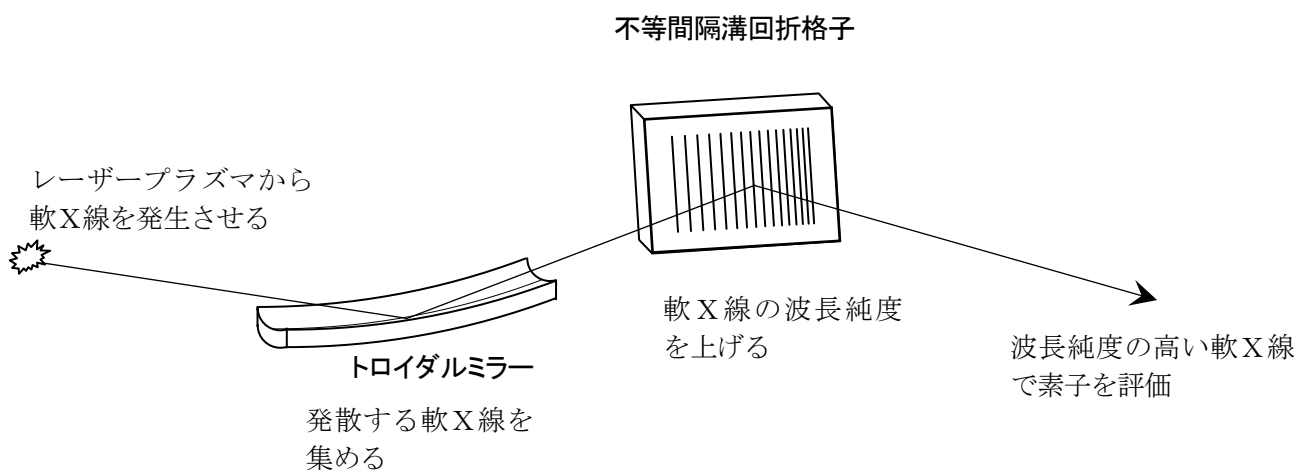
東北大学の多元物質科学研究所グループでは、2種類の物質をおよそ1 nmの薄さで交互に積層して干渉作用で軟X線を反射させる多層膜曲面ミラーの技術で水の窓の顕微鏡開発を目指している。この多層膜曲面ミラーを水の窓用に開発するには、水の窓で分光反射率などの光学特性を評価できる装置が必須である。同研究グループではレーザープラズマ軟X線光源を用いて、世界初の実験室規模での水の窓多層膜曲面ミラーの評価装置を開発した。この装置で世界の軟X線研究者たちに、これまでアメリカとドイツにある大型放射光施設の光学素子評価専用ビームラインに限定されていた水の窓光学素子評価の路を開いた。成功のカギは光学素子の数を究極的に減らした設計の工夫で、軟X線集光用のトロイダルミラーと軟X線の波長純度を上げる不等間隔溝回折格子の2枚だけで分光光学系を構成した点にある。

(概要説明)

1. 生きた生体試料を観測できる水の窓軟X線波長域用の顕微鏡開発に不可欠な、実験室で使用できる、多層膜曲面ミラーなどの光学素子評価装置を世界に先駆けて開発した。
2. 軟X線光源には、レーザープラズマ点光源を使用し、発散光を長さ25センチの長尺トロイダルミラーで集光する。
3. 不等間隔溝回折格子を利用して波長純度を上げ、軟X線の波長は、回折格子の回転角で選択する。
4. 装置の全長は4 m以内で、仙台市内の凌和電子(株)と共同開発した。
5. 水の窓領域での実験室規模の光学素子開発と評価や軟X線分光計測に広く応用できる。
6. 本研究は東北大学多元物質科学研究所 先端計測開発センター羽多野助教、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(15002001)を得てなされた研究である。

(用語説明)

1. 軟 X 線：波長領域およそ 1~10nm の電磁波をさす。長波長側は紫外線、短波長側は X 線とつながり、用語として明確な境界は定められていない。波長数百 nm の可視光よりも 2 桁高解像度の結像が可能である。物質との相互作用が強く、高感度計測が可能である反面、斜入射ミラーや光路の真空排気など、取扱いに専用技術を要する。
2. 水の窓：光子エネルギーが酸素の *K* 殻の束縛エネルギーよりやや低い領域の軟 X 線は、比較的水をよく透過するので水の窓と呼ばれる。波長領域では 2~4 nm に当たる。
3. レーザープラズマ：大出力パルスレーザーを集光して物質に照射すると、エネルギーを吸収した物質が高温のプラズマ状態になり、太陽と同様に軟 X 線も生成する。人工的に生成したマイクロの太陽になぞらえることができる。
4. 放射光：光速度に近い速度まで加速した電子ビームを磁場の力で偏向させると、電子ビーム軌道の接線方向に指向性を持つ強力な電磁波を放出する。X 線、軟 X 線の光源として段違いに強力である。電子ビームは何度も曲げられて元の軌道に戻り、リング状の軌道を周回する。リングの大きさは 1 周 1 メートルのものから 1 キロメートルまで現存する。光源点から実験ステーションまでは、集光・分光用に数枚のミラーが 10 メートル程度並び、ビームラインを形成する。最近では、SPring-8 が有名である。
5. トロイダルミラー：ドーナツの側面のように、縦と横で曲率が異なった曲面形状をもつ斜入射ミラー。製作上の簡便さから、通常集光には球面ミラーが用いられる。球面ミラーを斜入射で用いて集光するには、互いに方位を直交させた 2 枚のミラーが必要になる。トロイダルミラーを用いると、1 枚で縦横 2 方向の集光ができる。
6. 回折格子：およそ 1 ミクロンの間隔で溝が彫られている特殊な鏡で、普通の鏡の反射方向とは異なる方向に、純度の高い特定の波長の軟 X 線だけを「反射」させる。このような反射の現象を回折と呼ぶ。回折格子の間隔が少しずつ変化するように溝の配列を工夫すると、回折した軟 X 線の集光条件を制御できるという機能をもつ。これを不等間隔溝回折格子と呼ぶ。本装置では、回折格子の回転だけで取り出す軟 X 線の波長が変えられるような不等間隔溝回折格子が採用されている。



(お問い合わせ先)

東北大学多元物質科学研究所

担当者： 広報情報室長 教授 村松淳司

mura@tagen.tohoku.ac.jp

Tel : (022)217-5163