

(様式第4号)

軟 X 線顕微鏡の開発に向けた化学増幅型フォトレジストの評価
Evaluation of Chemically Amplified Photo Resist for Soft X-ray Microscopy

五輪智子、裏川達也、大島明博、鷲尾方一

Tomoko Gowa, Tatsuya Urakawa, Akihiro Oshima, Masakazu Washio

早稲田大学理工学術院理工学研究所
 RISE, Waseda University

1. 概要

早稲田大学のフォトカソード RF 電子銃システムを用いて生成される逆コンプトン散乱軟 X 線のエネルギーは、生体観測に有効な「水の窓」領域(250eV ~ 500eV)を含み、軟 X 線顕微鏡の開発が期待されている。その開発に向けて、DUV 用化学増幅型フォトレジスト TDUR-P722 (東京応化) を用いたナノオーダーの軟 X 線イメージングを検討している。本実験では佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター (SAGA-LS) の軟 X 線ビームライン BL12 において TDUR-P722 の水の窓領域の X 線への感光を確認した。

A compact soft X-ray source via inverse Compton scattering using a photocathode RF-gun system has been developed at Waseda University. The energies of the generated X-rays are within "Water Window" region (250~500eV), which can be applied to biological observation such as a soft X-ray microscopy. We are planning the soft X-ray imaging with a chemically amplified photo resist for deep UV, TDUR-P722 (Tokyo Ohka). Using the soft X-ray beam line BL12 of SAGA-LS, we have confirmed that TDUR-P722 has sensitivity to X-rays in Water Window region.

2. 背景と研究目的：

早稲田大学では、フォトカソード RF 電子銃を用いた応用実験として、逆コンプトン散乱を用いたコンパクトな軟 X 線源の開発を行っている¹⁾。生成される軟 X 線のエネルギーは「水の窓」と呼ばれるエネルギー領域 (250 ~ 500eV) を含んでおり、その領域では水の X 線吸収率が生体の構成要素である炭素や窒素などの吸収率に比べて極めて小さい。そのため、脱水の必要がなく、リアルタイムで生きた細胞の観察が可能な軟 X 線生体顕微鏡への応用が期待されている。エネルギー可変性、準単色性、短パルス性といった逆コンプトン散乱の特徴も、生物学的な利用には有効である。

現在、我々は、軟 X 線生体顕微鏡の開発に向けて軟 X 線イメージングの研究を行っている。ナノオーダーの測定を可能にするため、フォトレジストを利用したイメージングを検討しており、deep UV 用の化学増幅型フォトレジストである TDUR-P722 (東京応化) を候補として研

究を進めている。本実験の目的は SAGA-LS の軟 X 線利用材料分析ビームライン BL12 を用いて水の窓領域に対する TDUR-P722 の感光性を評価することである。

3. 実験内容：

試料には、東京応化の deep UV 用フォトレジストである TDUR-P722 を用いた。レジストを 10mm x 7mm のサイズに切り出したシリコンウエハ上にスピンコート (2000rpm, 60秒) し、140 °C で 90 秒プレバークを行い、放射光露光用に試料とした。

BL12 の試料ホルダーに、図 1 のように試料と Ni メッシュをマウントし、水の窓領域である 250eV, 400eV, 550eV に分光した光を、真空中室温で図 2 のように位置を変えて照射した。

露光後、NMD-3 (東京応化) で室温にて 65 秒溶解現像し、超純粋でリンスした後、100 °C で 60 秒ポストバークを行った。

露光面を光学顕微鏡および、早稲田大学にて AFM により表面観察を行った。

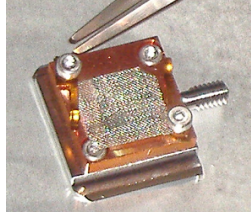


図 1 . NEXAFS装置の試料ホルダーにマウントした試料とNiメッシュ

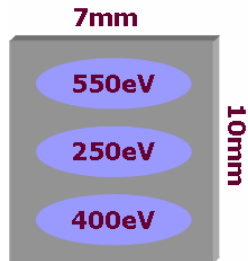


図 2 . 試料サイズと照射位置

4 . 結果、および、考察：

各エネルギーで露光した表面について、AFMで観察したところ、図3のような像が250eV、400eV、500eVの各照射領域において観察された。

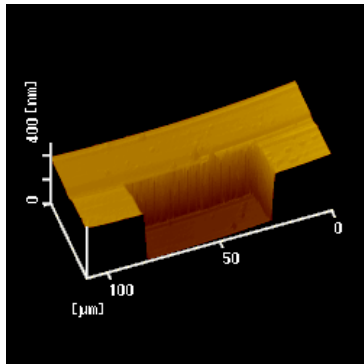


図 3 . 250eV 照射部分の AFM による表面観察

この結果から、TDUR-P722 が水の窓領域に十分な感光性能を示すことが確認できた。これにより、TDUR-P722 が軟 X 線顕微鏡の開発に向けた感光材として有効であることが示された。

レジスト材料を用いた軟 X 線イメージングによって、ディテクター機材の分解能によらず、AFM を用いたナノオーダーでの観察が可能になると考えられる。本実験の結果を踏まえ、今後イメージングシステムの開発を行うことで、軟 X 線生体顕微鏡の開発へ大きく前進できるものと考えている。

5 . 今後の課題：

早稲田大学のフォトカソード RF 電子銃を用いた軟 X 線源において、今後、軟 X 線収量の増加と集光系の構築が大きな課題となる。マルチパンチ電子ビームとマルチパルスレーザーの衝突による収量の 2 桁増加や、ゾンプレートを用いた集光系、イメージングシステムの構築を行っていく予定である。

6 . 論文発表状況・特許状況

本実験結果を含む研究について、H20 年度の放射線化学討論会での発表を予定している。

7 . 参考文献

[1] “Compact soft x-ray source using Thomson scattering”
S. Kashiwagi, R. Kuroda, T. Oshima, F. Nagasawa, T. Kobuki, D. Ueyama, Y.Hama, M. Washio, K.Ushida, H. Hayano, J. Urakawa,
Journal of Applied Physics, Vol.98, No.12, 15 Dec. 2005, pp123302 1-6

8 . キーワード

・軟 X 線生体顕微鏡

「水の窓」と呼ばれるエネルギー領域（250～500eV）に含まれる軟 X 線領域では水の X 線吸収率が生体の構成要素である炭素や窒素などの吸収率に比べて極めて小さい。その軟 X 線を用いれば、脱水の必要なくリアルタイムで生きた細胞の観察が可能な顕微鏡が開発できると期待されている。

・フォトカソード RF 電子銃

レーザーをカソードに入射し、光電効果で発生した電子を、高周波（RF）電界で加速して電子ビームを得る。低エミッタンス、短パンチ、高エネルギーの高品質電子ビームを得られることが特徴である。