

(様式第4号)

X線マイクロマシニング専用の新X線スキャナーの性能テストおよび
X線マイクロマシニングの基本的処理工程の開発

Developments of a new X-ray scanner and basic procedures
for X-ray micromachining

日高 昌則、常葉 信生、L.S.R.Kumara、河崎 将市、田口 英信
M.Hidaka¹, N.Tokiwa^{1,2} S.Kawasaki², H.Taguchi²

1)九州大学大学院理学研究院物理部門

Graduate School of Sciences, Kyushu University

2)田口電機工業株式会社

Taguchi Plating Industry Co. Ltd

1. 概要

シンクロトロン光からの高輝度 X 線は X 線マイクロマシニングに極めて有効である。この微細加工は深刻 X 線リソグラフィーを基礎とする LIGA プロセスによって行われる。SAGA-LS(1.4GeV)の光特性が X 線マイクロマシニングの実用化開発研究に適するかどうかの基礎的実験を行った。特に、フォトレジスト上への X 線マスクパターンの等倍転写像の分解能について調べた。露光が途中ビーム off のトラブルにより系統的な評価実験は行えなかったが、SAGA-LS の光特性は X 線マイクロマシニングに適していることが検証できた。

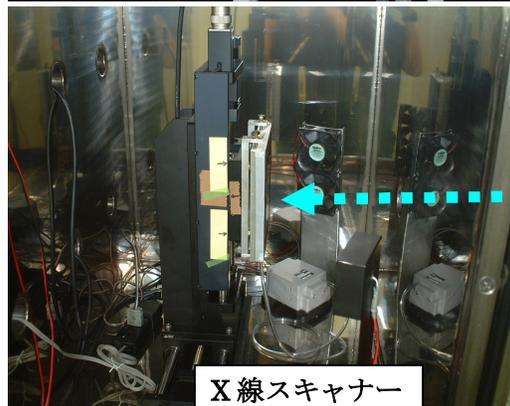
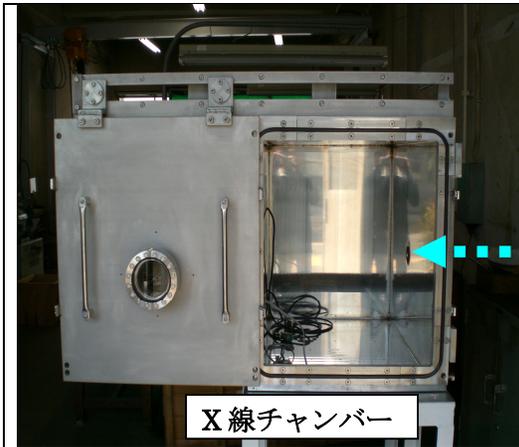
The synchrotron X-ray beams is very useful to X-ray micromachining. The technique is based on a LIGA process. In the present investigations, we carried out basic several measurements at a 9A station to estimate light properties of Saga-LS (1.4GeV) to the X-ray micromachining using synchrotron radiation. The sufficient estimation of the light functions could not be obtained, since the beam did not irradiate the photo resist once by the instrumental trouble of optical system. However, it is found that the Saga-LS light properties are suitable for the X-ray micromachining.

2. 背景と研究目的：

1990年からX線ソグラフィー・LIGA技法を用いたX線マイクロマシニング(XMM)の開発研究を行っている。2006年からは九州シンクロトロン光研究センター(SAGA-LS)の9Aビームラインで、白色用多目的実験装置を使用して各種の基礎的なテスト実験を行った。しかし、現有の実験装置は企業の実用化を目指す開発研究には適してなく、水平方向のビームサイズ(実効約4.5mm)もXMMには不十分であった。従って、XMMの基礎的開発研究の可能性を探るために、まずXMM専用のX線スキャナ

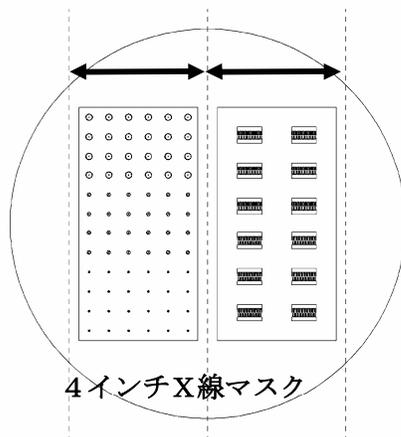
ーを自作することを行った。この概要は下図に示す。この装置は九州大学と田口電機工業(株)との共同研究によって開発されたが、機械部は理学部附属工場で作られた。実効水平ビームサイズ4.5mmを考慮して、通常のXMM実験で使用する4インチ、5インチのマスクパターンのレジスト基板への等倍露光を行うために、分割露光ができるように設計されている。

この新X線スキャナーを利用して、9AビームラインでX線マイクロマシニングの本格的な利用形態を構築・開拓するのが、本研究の究極的の目的である。



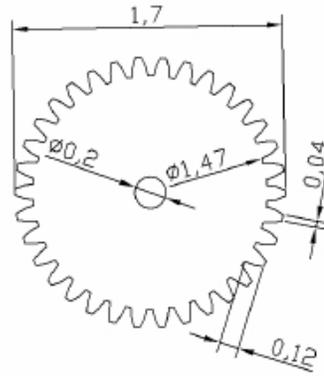
3. 実験内容：

SAGA-LS (1.4GeV200mA~100mA) で、ネガ、ポジ型X線マスクパターン等の等倍露光実験を3日間行った。今回は0.5mmPMMAレジストを使用した。実効水平45mmビームサイズなので、下図のように、露光を2分割して行った。これらの露光レジストを現像後に、光学顕微鏡、走査電顕を使用して各マイクロパーツの形状の評価を行った。現在は、これらのマイクロパーツの電気メッキ作業を行っている。

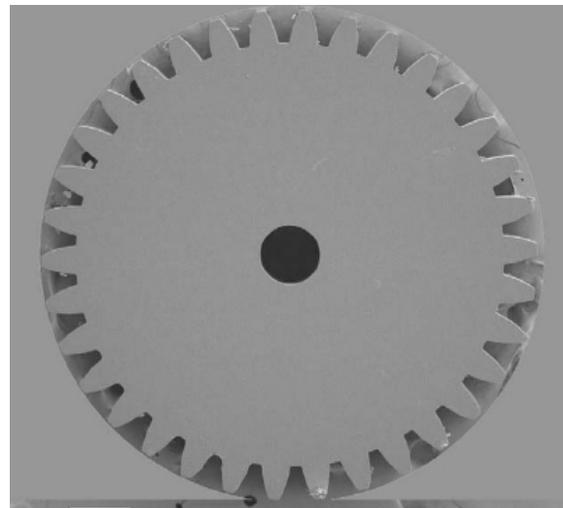


4. 結果、および、考察：

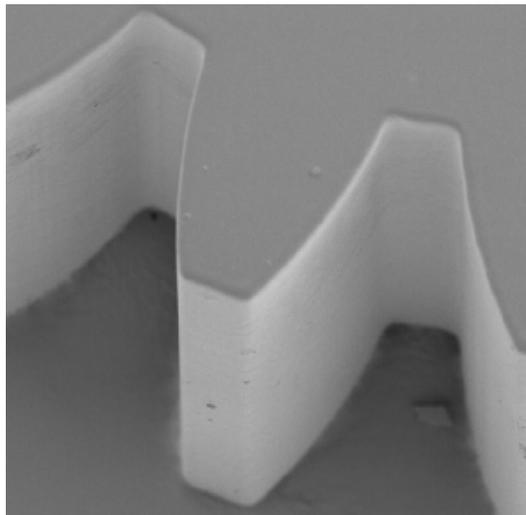
実はこの2分割実験で、入射X線ビームが片側のレジストしか照射されていないトラブルが2日目に発生して、今回での系統的な評価実験が成功しなかった。このトラブルは、将来にはビームサイズの拡大を要請した。しかし、現在は、9 Aのビームサイズは約100mm程度の実効サイズになり、今後のX線マイクロマシンング (XMM) の開発研究に展望が開かれた。今回はテスト的にレジストとして、厚さ0.5mmPMMAシートを使用した。これらの実験結果の一部を下図に示す。従って、露光時間とレジスト厚さとの相関を考慮することにより、SAGA-LSの光特性がXMMには十分であることが確認された。特に、30~150 μ mのレジストによるマイクロパーツの実用化の開発研究は有効である。



上図は、UVマスクのギヤパーツの形状である。下図はポジPMMA製のギヤである。実際の露光PMMAレジストシートには、X線マスクに描かれた多くの種類のマイクロパーツが転写されている。これらの露光部分を現像することにより、ポジ型のPMMA製素子が入手できる。



下図には、前図のPMMA製ギヤの一部が拡大されているが、表面の滑らかさが観測される。



この映像により、X線マイクロマシンニング(XMM)の有効性が確認できる。

5. 今後の課題：

SAGA-LS におけるマイクロパーツおよびマイクロシステムの開発研究を実施するためには、実験エリアにおける深刻X線リソグラフィーの後処理工程の整備が望まれる。また、真にX線マイクロマシンの実用化のための基礎的開発研究を九州経済の活性化に継承させるには、ある一定期間のビーム使用料の低価格下は必要であろう。このための対策を SAGA-LS に大いに期待するものである。