



軟 X 線ゾーンプレートの作製

覚知 正美・関本美佐雄

NTT 電気通信研究所 〒243-01 厚木市森の里若宮 3-1

1. はじめに

放射光や、プラズマ線源のような高輝度な X 線源の開発・研究が LSI 製造の X 線リソグラフィや光反応などへの応用を目指して最近盛んになりつつある。また、高輝度 X 線源の開発は、X 線顕微鏡などのような新しい材料分析法を可能とし、このための高精度な X 線光学素子の開発を必要としている。反射型ミラーを始めとする X 線光学素子¹⁾は、加工技術の精度向上とともに向上してきており、ここで紹介する軟 X 線ゾーンプレートの作製法は、LSI 製造において、高い解像性の要求されている X 線リソグラフィ用に開発されている X 線マスクの作製技術を応用したものである。

本稿では、高エネルギー物理学研究所 (KEK)・放射光施設の X 線顕微鏡実験に用いられているフレネルゾーンプレートの作製について紹介する。

2. フレネルゾーンプレートの作製技術

軟 X 線ゾーンプレートは、使用波長域と目的によって種々の作製法を取りうる。軟 X 線に対して短波長領域までコントラストが高く、分解能を高くするためには、アスペクト比 (吸収体の線幅に対する吸収体膜厚の比) を大きくすることが望ましい。作製技術としてはゾーンプレートパターンを形成する描画技術、このパターンをもとに X 線吸収体を加工する技術、および X 線透過構造にする

ためのバックエッチ技術が必要である。描画技術にはホログラフィ露光と電子線露光があり、加工技術ではメッキ法とドライエッチング法が使用される。おのおのの特徴と問題点を表 1 にまとめた。

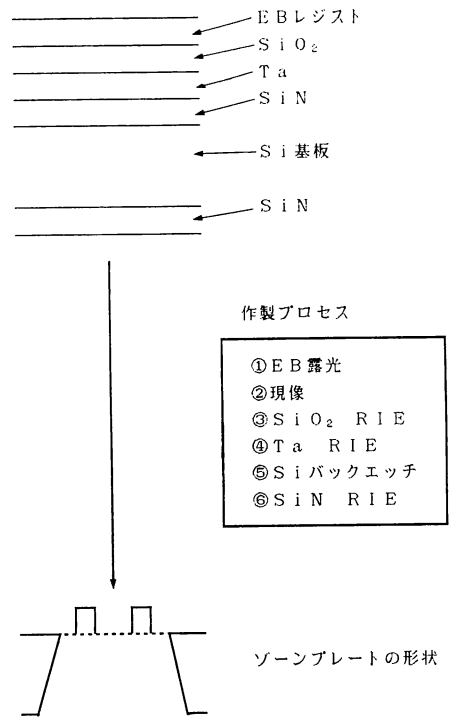
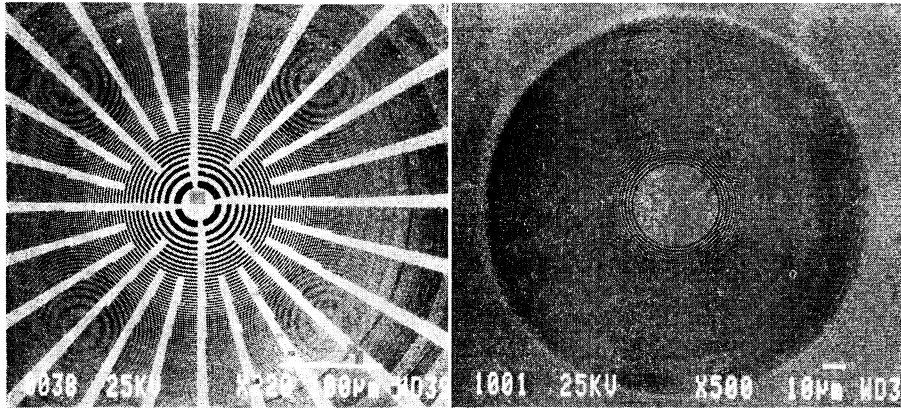


図 1 ゾーンプレートの作製工程

表 1 軟 X 線ゾーンプレート作製技術

作製技術	特徴	問題点
描画技術 ホログラフィ露光 電子線露光	装置：安価、露光時間短い 大面積露光容易 解像性・アスペクト比高い 任意パターン形成可能	解像性に劣る アスペクト比低い 装置：高価、描画面積 描画データが煩雑
加工技術 (材質) メッキ (金) ドライエッチング (Ta, W, 金)	装置：安価 高アスペクト比化容易 均一性大、応力制御可能 生産性に優れる	均一性に劣る 応力制御困難 装置：高価 加工条件の制御性



(a) フリースタANDING構造 (直径 2mm) (b) アポダイズされたゾーンプレート (直径 1mm)

図 2 軟X線ゾーンプレートの SEM 写真

Schmahl²⁾ らがX線顕微鏡に用いている現在最高の分解能 (50 nm) を有するゾーンプレートは、ホログラフィとイオンエッチングで、Kirz³⁾ らが走査型X線顕微鏡で用いているゾーンプレートは、電子線露光とメッキで作製されている。阪大の有留^{4,5)} らは電子線露光と金メッキ法または金のイオンミリングにより、フリースタANDINGで厚膜タイプと薄膜で高解像性を狙ったゾーンプレートを作製し、集光実験を行なっている。

3. フレネルゾーンプレートの作製

われわれはX線露光技術の研究を進めており、Ta 吸収体の反応性イオンエッチングによるX線マスクの作製⁶⁾で線幅 0.1 μm でアスペクト比 5 以上の加工技術を達成している。また、この技術を用いて1次元フレネルゾーンプレートを作製し、分光研究を行なっている。さらに、実験室規模で 50 nm 以下の極微細パターン形成可能な電子線露光装置 (ELS-5000, エリオニクス製) に円形描画機能を付加し、2次元のフレネルゾーンプレートを描画している。

ゾーンプレートの作製工程を図 1 に示す。作製されたフリースタANDING構造とアポダイズされたゾーンプレート⁷⁾の電子顕微鏡 (SEM) 写真を図 2 に示す。パターンの外周部についてはパターン幅 0.25 μm まで十分解像しているが、電子線露光装置の収差と DAC のノイズによる不均一が部分的に見られるものの最大直径 2 mm までのゾーンプレートの作製が可能となっている。

作製されたフレネルゾーンプレートは、軸上での分光・集光研究⁸⁾のほか、KEK で研究が進められているX線顕微鏡に使用され、理論分解能に近い解像度 (0.3 μm) が得られている⁹⁾。

4. あとがき

X線光学素子作製技術としての微細加工技術は、先端の集約技術であり、X線顕微鏡のように新しい学問分野・応用技術を開拓する重要な光学素子を提供できる。このように微細加工技術は、単に LSI 製造技術としてだけでなく、新しいマイクロデバイス・サイエンスを切り開く鍵を握る基盤技術として、今後ますます重要になると予想される。

文 献

- 1) 青木貞雄: 応用物理, **56** (1987) 342.
- 2) G. Schmahl, *et al.*: Ann. N. Y. Acad. Sci., **342** (1980) 368.
- 3) J. Kirz, *et al.*: Rev. Sci. Instrum., **56** (1985) 1.
- 4) H. Aritome, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **23** (1984) L 434.
- 5) 永田 公, ほか: 第 46 回秋季応用物理学会予稿集 (1985).
- 6) M. Sekimoto, *et al.*: Extended Abstr. of 16th Conf. on Solid Devices and Mater. (1984) p. 23.
- 7) 覚知正美, ほか: 第 46 回秋季応用物理学会予稿集 (1985).
- 8) H. Maezawa, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **26** (1987) L3.
- 9) 籠島 靖, ほか: 第 34 回春季応用物理学会予稿集 (1987).

(1987年8月3日受理)