

## 最近の軟X線領域用ホログラフィック回折格子

日本原子力研究所関西研究所光量子科学センター 小池 雅人

今を去ること約20年前、数WクラスのArレーザが市販され始めたこともあり、ホログラフィック回折格子の研究が盛んになりつつあった。ホログラフィック回折格子は一般にレーザを光源とする二光束干渉縞を基板の上に塗布されたフォトレジストと呼ばれる感光性樹脂に記録することにより作成される。したがって、その際用いる二つの干渉波面の種類（平面、球面、非球面）、形状、入射角度等の組み合わせで回折格子の収差補正機能を含む結像特性を制御できるが、当時の収差補正型ホログラフィック回折格子はこのうち球面波が用いられており、中心溝本数を固定すると設計の自由度が3個しかなかったが、当時としては画期的な方法でありレーザ波長と使用波長が近い可視、近紫外領域用回折格子の結像特性の改良には相当の威力を発揮した。しかしながら、軟X線領域用で用いられる斜入射分光器用回折格子の収差補正には些か無力で、この波長領域での収差補正は、原田型分光器などに見られるごとく、機械切り不等間隔溝回折格子の独壇場であると見られてきた。しかし、10年位前から干渉波面として、平面波、球面波を高精度な鏡面が製作できる球面鏡などに反射させて得られる非球面波も用いる非球面波露光法の研究が盛んとなり、最近これを用いて斜入射Monk-Gillieson型分光器用のホログラフィック平面回折格子が設計製作され、内外のSR施設で使用されるに至っている。また、筆者らはこの研究を通して、同型分光器が球面鏡により高縮小像系になっていて、しかも-1次の回折次数を用いる場合に限り、球面波露光でもほぼ完全な収差補正が出来ることを見出した。これを実証するため米国ローレンスバークレー国立研究所X線光学研究センターと島津製作所の協力によりラミナー型回折格子を製作し、ALSのビームラインで現在も使用中で、高次光や迷光が少なく、1.3 keV近辺までの短波長領域での回折効率に優れるなどの評価を受け、実験に供用されている。さらに、筆者らはレーザープラズマ分光などで広く用いられている機械切り不等間隔溝球面回折格子を用いた平面結像型斜入射球面回折格子分光器用のホログラフィック球面回折格子の設計を非球面波露光法で行い、これに基づきラミナー型回折格子の製作を行った。この回折格子では $\pm 25$ mmの両端で1200 $\pm$ 約200本/mmと溝本数が変化している。上記の回折格子をブレード型の機械刻線による回折格子と比較するため、C-K(4.4nm)の輝線とPCD検出器の組み合わせで得たスペクトル分布を図1に示す。1次光の半値幅は約4nmで機械刻線型のもの約3倍であった。また、ラミナー型回折格子の特徴として高次光が著しく減少した。この実験では分光器内の素子の位置、角度の微調整は全く行っていない。今後、検出器位置の微調整などにより、機械刻線型のものと同等の分解能が得られるかどうか見極めたいと考えている。最後になりましたが、測定に全面的

にご協力いただいた東北大学科学計測研究所渡辺研究室の方々に厚く感謝いたします。

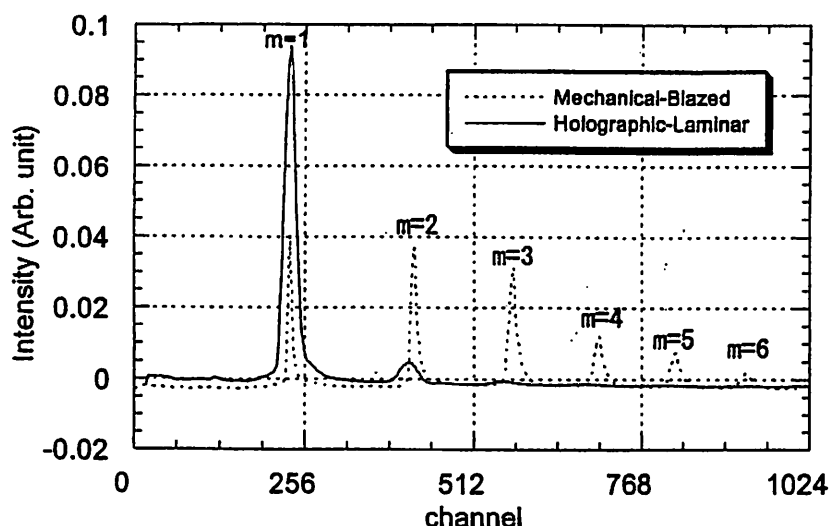


図1. C-K (4.4 nm) の輝線を用いたスペクトル分布測定。横軸は検出器のピクセル番号、m は回折次数を示す。

## EUVL研究の新たな展開—EUVL研究室の誕生

姫路工業大学高度産業科学技術研究所 木下博雄

98年10月にNEDOから研究委託を受けている研究共同組合 超先端電子デバイス開発機構 (ASET) にEUVLの研究室が誕生しました。これは将来の $0.07\mu\text{m}$ のパターン形成を狙いとしたリソグラフィ技術の開発であり、2001年3月までの2年半の短い間に、基本技術を確立する事としています。現在この研究室には日立から来られた岡崎信次さんが室長を勤め、以下日立5人、富士通3人、NEC1人、東芝1人、SONY1人、松下1人、シャープ1人、Oki1人、鳥田理化1人、ニコン5人の計21名で進めています。

研究テーマは多層膜を基板とした(1)反射型マスクの製作技術の開発、(2)姫路工業大学にて開発中の露光装置を用いたレジストプロセスの開発、(3)ミラーおよび光学系のat-wavelengthでの評価技術の開発を主として進めています。研究場所は(1)をNTTの厚木研究開発センター内のクリーンルームを利用し、(2)、(3)を姫路工業大学の放射光施設ニュースバルにて進めております。また、非球面ミラーの加工・評価をニコンに依頼して進めております。このため、相模原にも分室が置かれています。

EUVLの研究は昨年のSEMATEC主催のリソグラフィに関するNext Generation Meetingにても高い評価を得、次世代技術として位置を確保しました。米国ではIntel, Motorola, AMD等が中心にEUV-LLCを設立し、LLNL, SNL, LBNLの3研究所からなるVirtual National Laboratories(VNL)と連携して2001年を目処の $\beta$ 機の開発を進めています。また、ヨーロッパでもZeiss, ASML, Oxfordを中心としたコンソーシアム (EUCLITES) が始動しています。このように、米国、日本、欧州で研究開発が加速されています。

今後の重要な研究課題としては

- ・多層膜の無欠陥化 0.001個/cm<sup>2</sup>
- ・反射型マスク製作プロセス、吸収体パターン欠陥の検査・修正
- ・非球面ミラーの加工技術、現状では形状精度0.4nm、粗さ0.3nmを達成  
目標は形状精度0.25nm、粗さ0.3nm以下。
- ・真空中高精度ステージ
- ・高スループット可能なEUV光源

であります。その他、ミラー鏡筒の開発、照明光学系等、まだまだ多くの開発テーマがあります。関連テーマ研究者との共同開発が出来ればと願っております。是非ご協力をお願いいたします。

## 単行本「X線結像光学」の刊行

名古屋大学大学院理学研究科 山下広順

レントゲンによってX線が発見されてから100年(1995年)を記念して企画されました単行本「X線結像光学」(波岡武、山下広順編、A5判、300頁)は、予定を大幅に遅れましたが、本年6月に培風館から出版される予定です。本書は、重点領域研究「X線結像光学」(平成元~3年度)の研究成果を踏まえ、その後のX線光学の進展をまとめたものです。大学院生、研究者、技術者を対象とし、現場で使える実用書を意図して編集いたしました。執筆者は、重点領域研究の研究代表者と研究分担者を中心として、X線光学に関する研究で活躍されている研究者からなり、以下の内容で構成されています。多くの方々にご活用いただければ幸いです。

### 1. 序論

X線結像光学とは何か?、X線光学の特殊性、「X線結像光学」研究の経緯

### 2. X線とは

X線の本質、X線の定義、X線光学

### 3. X線光源

X線の発生機構と放射特性、X線管、シンクロトロン放射光、レーザーを用いたX線発生

### 4. X線光学素子

X線光学の基礎、反射鏡、多層膜反射鏡、分光素子、偏光素子

### 5. X線結像光学系

光学系の原理と設計、X線分光器、X線顕微鏡、X線望遠鏡、放射光ビームライン光学系、縮小投影露光光学系、プラズマ診断光学系

### 6. X線検出器

X線検出の原理と性能比較、比例計数管、蛍光比例計数管、半導体検出器、

X線CCD、シンチレーションカウンター、マイクロチャネルプレート  
X線ポロメーター

#### 7. 基盤技術

鏡面材料、鏡面加工と評価、鏡面薄膜形成、微細加工、光学素子の保守と管理

#### 8. 特性評価装置

特性X線による評価、シンクロトロン放射光による評価、  
レーザープラズマX線による評価

#### 9. X線結像光学が拓く科学と技術

宇宙科学、生体科学、プラズマ・核融合科学、放射光科学、表面科学

### 第6回X線顕微鏡国際会議のお知らせ

姫路工業大学理学部 籠島 靖

No.8でお知らせしましたように、標記会議が下記のように開かれます。

- ・日程 1999年8月1日～8月7日
- ・場所 米国 バークレー
- ・問合わせ先 Werner Meyer-Ilse, Tel: 1-510-486-6892, Fax: 1-510-486-4550  
E-mail: W\_meyer-ilse@lbl.gov

なお、ホームページ <http://XRM99.LBL.GOV> を通して参加登録をして下さい。この登録をしないと情報が流れてきませんので御注意下さい。

### SPIE Int. Symp. on Soft X-Ray Coatings, Aspherics and Applicationsのお知らせ

東北大学科学計測研究所 山本正樹

標記のシンポジウムが下記のように開かれます。

- ・日程 1999年7月18日～7月23日
- ・場所 米国 コロラドコンベンションセンター

アブストラクトの締切は昨年の12月21日になっていますが、これから発表を希望される方は山本まで御一報下さい。なお、原稿の締切は6月21日です。

---

編集部 東北大学科学計測研究所 軟X線光学計測研究分野

〒980-8577 仙台市青葉区片平2丁目1-1 TEL: 022-217-5376, FAX: 022-217-5379