

OSA EUV lithography topical meeting報告

(株) 日立製作所中央研究所 伊東昌昭

はじめに

X線縮小 (EUV) リソグラフィは、パターン寸法 $0.1 \mu\text{m}$ 以下 (4 Gbit DRAM 以降) の LSI 量産技術と期待されているが、光源、光学系、露光システム、反射型マスク、レジスト等に多くの課題を抱えている。本会議はこれらの技術を対象とし、Optical Society of Americaの主催により 1996年5月1日から3日まで、Bostonで開催された。参加者は約90名であり、52件の発表があった。発表の内訳は米国43件、欧州5件、日本4件 (姫路工大、NTT、ニコン、日立) である。米国では、Sandia National Laboratories (SNL)、Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)、Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) が研究の中心である。

トピックス

光源に関しては、レーザプラズマの飛散粒子低減が課題となっており、SNLがガスジェットターゲットを提案した。X線変換効率、従来の固体ターゲットの半分であるが、飛散粒子による光学素子損傷が本質的に少ないものと期待される。

光学系に関しては、SNLがSchwarzschild光学系の波面収差を 1 nm rms まで低減した。露光波長は 13 nm であるので、これは Marechal criterion をほぼ満足したことになる。直径 0.4 mm の露光フィールド全面で、 $0.1 \mu\text{m}$ パターンがクリアに形成されている。また、SNLでは大フィールド化に向けて、非球面ミラー3枚からなるリングフィールド光学系を製作している。非球面ミラーは米国 Tinsley 社製であり、形状精度 0.6 nm rms と発表している。現在、光学系の組立調整を行っており、波面収差は 3 nm rms とのことである。

ミラー形状/光学系波面の計測技術も精力的に検討されている。LLNLは新たな point-diffraction 干渉法を提案した。これはフリンジスキヤン法において、光ファイバ端面から射出する球面波を参照波面とするものである。原理実験を行い、精度 0.6 nm rms と見積っている。LBLでは、従来から at-wavelength 干渉法を検討していたが、今回、回折格子を光路に挿入したフリンジスキヤン法を提案した。近々、ALSのアンジュレータビームラインで実験予定である。

反射型マスクに関しては、修正が困難な多層膜欠陥の低減を図るべく、LLNLがパーティクルフリーのイオンビームスパッタ装置を開発した。Mo/Si多層膜を成膜後、可視光にて検査し、欠陥密度は $0.03 \text{ 個}/\text{cm}^2$ との結果を示している。

X線縮小リソグラフィの総合評価として、SNL等が初めてデバイス試作を行った。前述

のSchwarzschild光学系を備えた露光装置と光ステッパを使用し、ゲート長 $0.1\mu\text{m}$ のNMOSトランジスタの試作に成功した。

おわりに

X線縮小リソグラフィの技術課題は先端的かつ多岐にわたるが、米国では国家資金を投入して組織的な研究を行い、相当の成果を達成している。一方、日本では各機関が少ないリソースで個別に研究を行っており、彼我の差は大きい。今後は、官学産の協力のもと、長期的観点で研究開発を進める必要があると痛感した。

ALS、SSRL印象 α

東北大学 科学計測研究所 江島丈雄

学振の日米科学協力事業「軟X線結像光学」の一環として3月11日から約2週間、サンフランシスコ近郊のローレンスバークレー研究所のALS(Advanced Light Source)とスタンフォード大学のSSRL(Stanford Synchrotron Radiation laboratory)を訪問してきました。

今時珍しいのかもしれませんが、実際のところ今回は初めてのアメリカ訪問だったので、何かと印象の強い旅行になりました。

ALSではKorwrightさんに実験ホール内部を、西村さんにリング回りを案内をしていただきました。またKorwrightさんの手をわずらわせてホールに入室するためのパスカードを作ってもらったので、実験ホール内部に自由に出入りでき、割と自由に見てまわることができました。

ALSを見学してですが、現在私がSchwarzschildタイプの縮小光学系を用いた光電子顕微鏡を手掛けている関係上、どうしても見る対象がその方向に偏ってしまいがちになってしまいました。また実際に見て、ALSは高輝度光源ということもあり、光子数を必要とするような実験装置その他は日本より進んでいる、というのが実感でした。

強く印象に残っているもののひとつはzone plateタイプの縮小光学系で、これは光電子顕微鏡で使用されるものではなく、マイクロフォーカスを用いた干渉系といったもので、これで試料表面の形状が観測できるとのことでした。見学したときは、ちょうどチャンバーが開いているときで、間近に装置の内部を見ることができました。そばで学生が調整をおこなっており、彼が調整が難しい、と言っていたのを覚えています。

もうひとつは、ウィスコンシンの光電子顕微鏡装置MAXIMUMでした。この装置はウィスコンシンに行かないと現物を見ることできない、と思っていたので、ちょうどビームラインに繋げようと待機しているところを見つけた時には非常に驚きました。残念ながら回りに人がいなかったため説明を聞くことができなかったのですが、それでも日本で彼

らの論文をいくつか読んでいたので、実物を見れたのは幸いでした。見ての印象は、細かい話をするときりが無いのですが、電子分光器に市販のパーキンエルマー製の DCMA をそのまま使用していたりして、特に難しい技術を用いている感じはしませんでした。ただ縮小光学系の部分だけは、さすがにエレガントに仕上がっていました。

とにかく両方に共通していたのは、ビームラインに繋げてマイクロフォーカス系の光学調整をいかに容易に行うか、に苦心している様子でした。

後日、SSRL も見学しましたが、こちらの方は ALS 見学に比べると割と短い時間でした。SSRL の印象は、ぴかぴかの ALS の装置群を見た後だけに、どうしてもちょっと辛目の印象になってしまったのですが、それでも、新たなビームラインの建設が計画されていて、建屋が新築されていました。また、SSRL のあるスタンフォード大学は、ALS のあるローレンスバークレー研究所に比べると敷地その他がゆったりとしており（日本と比べると皆そうですが）、非常に美しい大学でうらやましく思いました。

研究所以外の感想になりますが、意外と時差がきつかったのには参りました。飛行機の中で多少寝ていったので向こうに着いても動けるだろう、と思っていたのですが、ホテルにたどり着くだけで疲れてしまい、そのまま昼間から寝てしまいました。

また、限られた範囲の印象かもしれませんが、大学に限らず、公共の施設—特に道路—に贅沢にお金を使っているのには驚きました。その一方で、ホームレスというか、路上で「金をくれ」とさげんでいる人たちが多かったのも事実で、日本よりも貧富の差の大きい厳しい社会であると思えました。

最後に、この場を借りて、このような貴重な機会を与えてくださった皆様に御礼を申し上げます。どうもありがとうございました。

PXRMS '96報告

NTTシステムエレクトロニクス研究所 芳賀恒之

The 3rd International Conference on the Physics of X-ray Multilayer Structures (PXRMS '96) はThe University of Arizona および The Optical Society of Americaの主催により1996年3月3日から7日の4日間、米国コロラド州ブレッケンリッジにおいて開催された。参加者は米国34名、欧州21名、日本8名など、計64名であった。

本会議は、多層構造を持つ極薄膜の形成・評価及びその応用に関する会議であり、X線反射用の多層膜のみならず、MBEによる金属多層膜のsuper-latticeの形成、磁性材料多層膜など、多層膜の物理に関する会議としてその分野は多岐にわたる。発表形式は講演とポスターセッションで、総発表件数59件中、招待講演10件、一般講演30件、ポスター19件であつ

た。参加国別では、米国28件、ヨーロッパ24件（フランス8件、オランダ4件、ロシア4件、ドイツ3件など）、日本5件などであり、日本からは東北大学、電総研、ニコン、日本航空電子、NTTから各1件ずつの発表があった。研究機関別では国立研究所等の研究機関32件、大学20件、民間企業7件であった。テーマ別発表件数をみると、X-ray Opticsに関する発表が若干多かったものの(Oral 8 / Poster 7)、Film Growth (Oral 7 / Poster 2)、Metallic Multilayer (Oral 6 / Poster 1)、Short-period X-ray Multilayers (Oral 6 / Poster 2)、Stability; Thermal and Mechanical Properties (Oral 5 / Poster 1)、Measurement Technique (Oral 4 / Poster 3)、Roughness and X-ray scattering (Oral 4 / Poster 2)と多岐にわたる分野を網羅していた。

全体的な印象としては、米国ならびに日本においては、X線光学用の多層膜反射鏡に関するものが多く、リソグラフィや顕微鏡など応用を意識した研究が盛んなのに対し、ヨーロッパでは、MBEによる金属多層膜のsuper-latticeの形成、磁性材料多層膜などが盛んであり、物理研究的な色彩が強い。これは研究機関の多くが国立研究所や大学の機関であることにもうかがえる。

今回の会議で特徴的であったのは、chairのDr. Windtの尽力により、abstractの投稿から会議のinformation、さらには、summary に至るまで、インターネットがフルに活用されている点であった。これらは、現在もPXRMSのホームページに掲載されており、誰でも自由にアクセスすることが可能であり、会議の詳細については、こちらを参照していただきたい(PXRMS (<http://www.att.com/conferences/pxrms/>))。

また、前回のPXRMSの後、各研究機関での多層膜作製の成果一覧を作成しようという試みがなされたが、今回の会議においても会議中にアンケートが行われ集計された。結果は、やはりインターネットに掲載されており、今後、新たな結果を登録すれば、瞬時にグラフに点加わる(X-ray Multilayer Results (<http://www-cxro.lbl.gov/multilayer/survey.html>))。

さらに、多層膜の反射率などの各種X線光学に有用な計算が、ネットワーク上でサービスを受けられ、パラメータを入力すれば、数秒で結果のグラフが見られ、ファイルとしてセーブすることも可能である。計算で用いる光学定数にはバークレーでメンテナンスしており誰でも簡単に多層膜の設計ができる(X-ray Interactions with Matter (<http://www-cxro.lbl.gov/multilayer/survey.html>))。

21世紀の高度情報化時代を感じさせる新しいタイプの会議であった。

編集部 東北大学科学計測研究所 軟X線光学計測分野

〒980-77 仙台市青葉区片平2丁目1-1 TEL: 022-217-5376, FAX: 022-217-5379