

X線結像光学ニューズレター

No.6 1997年9月発行

XEL '97報告

(97X線および極端紫外光リソグラフィ国際ワークショップ)

大阪大学極限科学研究センター 有留 宏明

上記の会議が、1997年7月13日～15日に、横浜市パシフィコ横浜国際会議場で外国人38名（米国22、韓国5、英国4、台湾3、ドイツ2、シンガポール1）を含む178名の参加者を得て、日本学術振興会第145委員会と（社）日本工業技術振興協会の主催で開催された。この会議は、X線リソグラフィ技術の半導体集積回路への応用に関して議論する場としてもうけたもので、第1回の1995年7月大阪での開催に続く第2回目であり、世界的にもこの種、唯一の国際会議である。

会議では、まず、LSIの発展動向や、光リソグラフィなどの先端リソグラフィ技術の開発状況を総合的に概観した。次に、日本、米国、韓国におけるX線リソグラフィの共同開発研究機関からの報告を受け、その展望について議論した。我が国からは、昨年2月、NEDOのもとに設立された技術研究組合超先端電子技術開発機構（ASET）から報告された。2000年に0.15～0.1 μ mデザインルールの実用化を目指す。米国に関しては、近接露光方式X線リソグラフィに関する3社連合PXL A（Proximity X-ray Lithography Association）から、昨年Bell Lab.分割に伴いBell Lab.が脱退し、本年になってモトローラがDRAM撤退の方針決定に基づき脱退したが、IBMは今後も引き続き量産技術としての開発を続ける。ただ、ArF（波長193nm）リソグラフィの後に位置づけている。三菱電機は、X線リソグラフィ優先の戦略をとる模様。

さらに、X線リソグラフィの各要素技術の現状に関し詳細に討論を行った。特に実用化の鍵を握るX線マスク技術、ステッパー技術および露光プロセス技術に重点をおいた。

一方、極端紫外光を用いた縮小投影リソグラフィについては、日、米における開発状況全般を概観し、その発展動向を把握した。米国では、DOEを主体とする官主導のプロジェクト研究が1996年に終了し、本年から、民主導の、産官学一体のプロジェクトが進行しつつある。

三菱電機の1ギガビットDRAM、東芝とNTTの共同開発である4ギガビットDRAM用テストチップ、IBMの1ギガビットDRAM、モトローラの0.18ミクロン64MビットSRAMなどの露光技術が報告された。X線リソグラフィは、4～16GビットDRAMあたりから投入されると考えられている。この2年間で、X線マスク、X線ステッパーなどの精度に顕著な進展が見られ、X線リソグラフィは着実に実用化に近づきつつある。

次回は1999年、関西で開催する予定である。この会議参加者に配布したDigest of

Papers (論文ダイジェスト)は残部を用意しているので、ご関心のある方は、日本工業技術振興協会 (TEL:(03)3238-5300, FAX:(03)3238-5388)にお申し出下さい (一部8,000円)。

次世代の X 線天文衛星

名古屋大学大学院理学研究科 山下 広順

1990年代になって、スペースからの天体観測は大きく花開いてきた。アメリカは、紫外線から近赤外線までを観測するハッブル宇宙望遠鏡(HST)、ガンマ線を観測するCGRO、これまで未開の波長域であった極端紫外線を観測するEUVEを、赤外線ではヨーロッパ連合がISOを軌道に乗せ、現在まで順調に稼働している。日本は太陽 X 線観測衛星「ようこう」を、更に、新たに開発されたM-Vロケットにより宇宙電波観測衛星「はるか」を世界に先駆けて打ち上げた。一方、スペース天文学を先導してきた X 線では、ドイツのROSAT、日本の「あすか」、イタリア-オランダ連合のBeppo-SAXが X 線望遠鏡を搭載し、あらゆる階層の天体の撮像スペクトル観測を行っている。これらの衛星による観測成果は、すでに、新聞等にも度々報じられている。そして、今世紀末最大のハイライトは、先ず、アメリカ(NASA)が1998年にAXAF (口径120cm、1台)、1999年にはヨーロッパ連合(ESA)がXMM (口径70cm、3台)、2000年には日本(ISAS)がASTRO-E (口径40cm、5台)の打ち上げを予定しており、それぞれ特長ある望遠鏡によって X 線天文観測の世界的な競演が繰り広げられようとしている。ロシア(IKI)も1999年にSpectrum-X (口径60cm、1台?)を予定しているが、財政事情悪化のため、まだ、確定していない。

これまで日本の X 線天文学は、競争相手がいなかったこともあって、国際協力を強力に押し進め、世界の一線を独走してきたが、いよいよその真価が問われる時代に入ってきた。

1996年7月にイギリスのレスター大学において、日米欧の主要な X 線天文学の研究者が集まって、2005年以降の次世代の X 線天文衛星はどのようにあるべきかについて討論するワークショップ(Workshop on the Next Generation of X-ray Observatories)が開かれた。ヨーロッパはXeus、アメリカはHTXS、日本はASTRO-E以降のMission (ASTRO-G?)の計画を提案した。X 線望遠鏡の高性能化には、(1)集光力(有効面積、口径)の増大、(2)解像度の向上、(3)スペクトル分解能の向上、(4)エネルギー領域の硬 X 線への拡大の4つの要素がある。この会議では、(1)は10,000-15,000cm²、(2)は5秒角、(3)は $\Delta E=2eV$ 、(4)は40keVまでを満足する X 線望遠鏡が一つの目標であるとの合意が得られた。これは斜入射光学系を想定しているが、0.3keV以下では多層膜直入射望遠鏡により X 線の回折限界を目指した解像度10-100ミリ秒角ももう一つの目標である。斜入射 X 線望遠鏡では、反射面の面積が口径8mの光学望遠鏡と同じであっても、その有効面積は口径50cmと同程度しかない。その意味でも、今後益々発展していくことが必要である。この会議で、特にアメリカが強調したことは、衛星の大型化も限界にきており、X 線天文学における重要性を強調するのみならず、他分野の研究者、更には、国民(議会)の同意が得られるような説得力の

ある計画を提案する必要がある。衛星1機当たりの予算額は500億円程度までであり、安価、軽量で高性能な望遠鏡を開発し、科学的、技術的なbreak throughが要求されている。従って、競合から共存共栄を目指した国際協力が不可欠となる。

このような世界的な情勢の中で、日本がequal partnerとして参加するためには、独自性があり、時代を先取りした開発研究が必要になる。我々は、X線望遠鏡への応用を目指して、10年以上にわたって多層膜X線反射鏡の開発に取り組んできた。これまでの全反射を利用したX線光学系の性能限界が明らかになるに従って、この2～3年の間に、急速にその有用性が認めれ、特に、硬X線領域でも集光・結像可能な多層膜スーパーミラーが注目を浴びている。1999年には、NASA/GSFCと共同で硬X線撮像観測の気球実験を行う予定になっており、引き続き、アメリカは衛星に搭載することを要請してきている。最早、多層膜反射鏡が次世代のX線望遠鏡のkey technologyであることは自明であり、開発目標として以下の3項目を設定している。(1)0.2keVで30%の反射率を持ち、解像度10-100ミリ秒角の直入射望遠鏡（すでにロケット実験によって有用性を実証した）、(2)1-10keVで効率20%、スペクトル分解能 $E/\Delta E > 1000$ を持つ多層膜回折格子（8keVでの分光特性を明らかにした）、(3)10-100keVの領域で集光・結像可能なスーパーミラー硬X線望遠鏡（すでに硬X線の結像性能を確認している）である。世界的に見ても、我々の研究が先行しており、日本の衛星のみならず、世界戦略として、欧米の衛星計画に参加することも検討している。1997年8月に、京都で開かれた国際天文学連合(IAU)総会でこの1年間に日米欧で検討された計画が発表された。今後、我が国においては、宇宙研のM-Vロケットあるいは宇宙開発事業団のH-IIロケットを用いた衛星計画、更に、国際協力の進め方について検討していくことが大きな課題である。

HST: Hubble Space Telescope, CGRO: Compton Gamma Ray Observatory,

ISO: Infrared Space Observatory, EUVE: Extreme Ultraviolet Explorer

ROSAT: Roentgen Satellite, AXAF: Advanced X-Ray Astrophysics Facility

XMM: X-ray Multi-Mirror Mission,

HTXS: High-Throughput X-Ray Spectroscopy Mission

S R I -97の感想記

東北大学科学計測研究所 渡辺 誠

去る8月4日から7日までS R I (Synchrotron Radiation Instrumentation) の国際会議が姫路で開かれました。主催は放射光学会、原研、理研および高輝度光科学研究センターで、上坪組織委員長、植木事務局長のもとに運営されました。参加者は約600人で、その内の4割弱が外国人であり、大盛況でありました。また、講演（招待、口頭、ポスター）の数も約500で大成功と思われます。

講演はWinick氏およびMunro氏のそれぞれ次世代の光源および測定系の改良についての

総合講演から始まりました。会議での講演は、光源・施設関係が21%、硬X線関係47%、軟X線関係22%、共通・その他が10%という分布でした。その中で画像 (Imaging) は硬X線 (医学利用を含む) 4.5%、軟X線2.5%で、またリソグラフィなどの工業利用は3%程度でした。さらに、鏡の形状計測・制御、熱負荷対策、多層膜の関係は3%、検出器では硬X線のものが6.2%、軟X線のものが1.4%でした。X線結像光学関係では大方のアイデアが出されており、スポットサイズ数10nm以下を目指していろいろな努力がなされているが、まだ飛躍的に性能が向上したという状況ではないという印象を受けました。「放射光の50年」という特別講演では、Blewett氏の放射光の目撃者第一号の話や、Madden氏のNBS (現NIST) の世界初演の実験の話、Rosenbaum氏のDESYにおける生物学利用の話および佐々木先生による日本の放射光の歴史の話がありました。その中にSOR-RINGの入射が成功した時の記念写真があり、20数年前のかつての我々INS-SOR若手の顔が出てきて、時代の流れを感じさせられてしまいました。SRIも6回目となり、若い人達の参加が大変多く、私の先輩や同世代の人達の数が相対的に少なくなって来ているように思いました。

個人的な話で恐縮ですが、私は分子研を離れてほぼ4年、現在古巣のUVSORの利用者の一人です。そしてシンクロトン放射光源のない所での真空紫外・軟X線の研究がいかに困難であるかを、身にしみて感じています。いきおい、研究室における研究は基礎的な研究、準備的な研究になります。しかし、これはこれで非常に重要なことと思っています。ただSRIの会議に出席する態度としては、以前は当事者意識が強かったように思いますが、今回は主催者の方々の御苦勞を尻目にかなり気楽に出席し、色々勉強させてもらったという感じです。SRIの国際会議は3年に1回、ヨーロッパ、アメリカ、アジアの順番で開催されることになっており、今回は9年前と同様、日本で開催されました。次回(2000年)はヨーロッパでということですが、国際助言委員会では、グルノーブルカベルリンかの支持が8:8で決定することができず、後日、出席しなかった委員からの意見も集約して決めることになりました。

X線結像光学関係の国際会議のお知らせ

編集部

1. 4th Int. Conf. on Physics of Multilayer Structure
1998年3月1日～5日、米国 ブレッケンリッジ
2. 12th Int. Conf. on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics
1998年8月3日～7日、米国 サンフランシスコ

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