

## 7. ビーム応用

「7.1 X線技術」(25件)では、光源、光学素子、光学系および分析装置開発について、幅広い研究が報告された。光学素子では、顕微鏡用円形多層膜ラウエレンズによる50 nm線幅の結像、望遠鏡用MEMS光学系によるX線結像の成功が目をつけた。光学系では、面光源Talbot干渉計によるEUVL投影レンズの波面計測で絶対精度0.2nm rmsが報告された。その他、2次元Talbot干渉計や振幅格子を用いないTalbot-Lau干渉計など新しい光学系の実験報告がなされた。分析技術では、X線反射率法における多層膜や湾曲結晶を用いた広角度同時計測装置開発やそのライブ計測への応用が注目を集めた。

「7.2 電子顕微鏡，評価，測定，分析」(11件)では、継続的に推進されているTEMの傾斜照明法、金属酸化物に担持したAu微粒子の触媒反応、環境セルTEMのための隔膜開発、SEM画像分析による粒子判別法、電子線照射による絶縁体帯電現象などの研究に関してそれぞれ着実な進展が報告された。帯電現象については複数の研究グループから解析シミュレーターの開発状況が報告された。それぞれ独自に開発が進められているが、共通して、素課程からの計算をマクロスコピックなアプローチに置き換え、高速化かつ高精度化を図っている。また、電子ビームをソースとし、特性X線の角度分布を観測量として3次元的な原子配列を再生する逆X線光電子ホログラフィーが可能であることを実験的に示す報告があった。登壇者のほとんどが講演奨励賞申請資格を有する若手研究者であり、活発な質疑応答が行われた。

「7.3 リソグラフィ」(26件)では、参加者は60名を超え、各分野において着実な進歩が見られた。EUVリソグラフィ技術では、プラズマ光源の開発から、解像性評価、干渉用露光装置、マスク欠陥・材料評価、真空ピンチャック評価に至るまで多岐にわたる報告がなされ、活発な議論が行われた。X-dipole照明系を用いた解像性評価では、hp16nmの限界解像性が示された。レジスト材料では、EUVレジストを中心に、露光特性評価、PAGの理論的考察、レジスト除去等の発表があった。高速AFMを用いたレジスト溶解過程の実時間観察に関する興味深い報告があった。新技術では、集束プロトンビームを用いた多種材料への微細加工やデバイス作製、液晶マトリクス露光や3D光露光技術等の報告があり、今後の発展が期待される。

「7.4 ナノインプリント」(28件)では、超平坦サファイア基板を利用してガラスに対して0.2nmのステップのテラス構造が熱ナノインプリントにより形成できることが示された。室温インプリントにおいてHSQの希釈溶媒を高沸点化することでインプリントの転写均一性を飛躍的に向上できることが示された。光ナノインプリントではペンタフルオロプロパンを利用した場合の効果について、モールドへの樹脂の付着、離型性の検討、表面張力変化、45nm線幅レベルへの適用など、さまざまな角度から検証がなされていた。このほか、樹脂の硬化特性や硬化収縮のシミュレーション、離型剤の劣化機構など、基礎的な部分での議論も充実していた。

「7.5 ビーム・光励起表面反応」(11件)では、量子ビーム照射が誘起する物質の表面反応とそのナノ加工への応用に関して9件、また量子ビーム発生装置の開発やその特性向上に関して2件の講演があった。前者では、宇宙空間での分子衝突による材料劣化に関する地上実験、ガスクラスター照射による表面からの分子放出シミュレーションやエッチングによるナノ加工、レーザーアブレーションの機構、探針励起によるCNTの欠陥生成機構、集束イオンビームによるナノ構造体の作製などの報告があった。また後者では、スピン偏極水素原子散乱装置の開発(講演奨励賞受賞記念講演)と低速多価イオンビーム通過による表面帯電が原因のヒステリシスについて報告があった。

「7.6 イオンビーム一般」(33件)では、(1)イオン源・集光系、及び分析装置関連の装置開発、(2)ナノ構造の形成・表面改質とそれらの物性評価・応用、(3)クラスターイオンビーム技術の基礎と応用に内容は大別された。装置開発では、ガラスキャピラリー集束イオンビームで本格的なプロトンビーム照射が開始された。気相のみならず液相中への照射も可能であることから、今後の種々の材料への応用展開が期待される。また、弾性反跳粒子検出法(ERDA)による、従来のH、He系以外の軽元素分析への精力的な取り組みが目を引いた。ナノ構造形成・表面改質では、従来の無機材料に加え、高分子材料、生体適合材料、有機材料等、多彩な材料への照射効果が活発に議論された。クラスターイオン関係では、ガス、水、エタノールなどのクラスターの生成に加え、新たに、ガス、液体、固体由来クラスターを複合化した複合クラスター生成の試みが注目された。また、Arクラスター源を用いたSIMSの質量イメージングへの試みなど、新たな研究展開が報告され刺激的であった。

「7.7 微小電子源」(21件)では、表面物理の議論からアプリケーションまで非常に幅広い発表があった。とりわけ今回は、単原子電子源を始めタングステンあるいはそれに修飾を加えたニードルエミッタからの電子放出など基礎物理的な議論が多いのが印象的であった。特に、単原子電子源の形成過程が温度とリモルディング電圧の関数として綺麗に説明できることを実験的に示した発表は注目を集めた。アプリケーションよりの話題では、スピン偏極電子源と高温下で動作する真空トランジスタの報告が着実に進展している印象を受けた。その他、フレキシブルでなおかつ透明な電子源の開発や、焦電結晶を用いた電子源をレーザーで駆動しX線源に応用する新しい提案なども目を引いた。

「7.8 ビーム応用一般・新技術」(8件)では、分科内招待講演として日大電子線利用研究施設からパラメトリックX線を活用した位相コントラストイメージングの生体組織観察等へ応用が紹介された。さらに、工学院大によるFIB-TOF-SIMSにEB-SEMを組み合わせるFIB照射点の位置決め、広大によるDNA塩基配列解析用銀ナノポア形成へのFIB活用、北大によるNd:YAGレーザー誘起金属表面周期構造形成制御、京大による中赤外自由電子レーザーのPL/電気抵抗変化計測への応用、筑波大による電子エミッタのイオンスパッタ解析、富士通研による簡易型スピン偏極走査電顕の開発と強磁性体磁区観察、北大によるポリスチレン粒子のレーザー光ピンセットトラッピングなど、いずれも興味深い研究成果が報告された。