

## 7. ビーム応用

名工大 種村眞幸

ビーム応用分科の総講演数は、8つの中分類分科の合計で147件であり、昨年春の141件と比べ微増であった。以下に、各中分類分科の講演の様子を報告する。

「7.1 X線技術」(22件)では、X線光学素子技術を中心に研究の着実な進展が報告された。軟X線多層膜ミラーの反射波面制御技術で、波面操作技術の進展と波面変化量計測の報告があった。MEMS技術による衛星搭載用軽量X線望遠鏡の開発研究の報告があり、製作の各工程についてそれぞれ質問が出るなど、関心の高さが伺えた。その最終工程にも利用されている、高温加圧加工法によるSi、Ge湾曲結晶の開発と応用についての報告があり、加工精度の向上とともにさらなる応用展開が期待される。ナノスケールの構造解析に小角X線散乱が有用であることはよく知られている。シミュレーションによる数値解析のみに頼らず、散乱曲線の特徴的な構造から大まかなナノスケールの構造を抽出しようとする試みの理論的研究がなされている。実験においては、低ノイズでピクセル間にしみ出しがないPILATUS検出器を利用したダイナミックレンジ拡大の技術向上が報告された。

「7.2 電子顕微鏡、評価、測定、分析」(6件)は、ショートプレゼンテーション付きのポスター形式で発表された。ナノカーボン材料の電子顕微鏡観察下における電子線照射損傷の解析において、相対論補正や電子励起過程導入によるシミュレーション精度の改善が報告された。電子顕微鏡観察の測定条件最適化のみならず、ナノ構造の創成、制御につながる成果であろう。評価、測定、分析技術の応用研究では、単一相 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ナノワイヤの形成過程で副生成物として出現する物質の組成および結晶構造が解明された。これは、リチウムイオン電池の性能向上に大きく寄与する知見である。

「7.3 リソグラフィ」(26件)では、参加者は50名を超え、質疑応答は活発に行われた。EUVリソグラフィ技術では、干渉用露光装置、コンタミネーション評価及びマスク評価に関する多数の興味深い報告がなされた。また、ArF露光装置におけるレチクルヘイズに関する興味深い考察もあった。レジスト材料では、EUVレジストを中心に、露光特性の向上技術及び安定性評価、限界解像性評価、クリーニング方法等の多面的な切り口から報告があった。新技術では、非平面及び大面積サンプルへの露光を指向した露光技術、イオンビーム露光技術の応用、レジストレスパターンニング技術の報告があり、活発な議論が行われた。

「7.4 ナノインプリント」(26件)では、ウェットエッチングによりリフトオフを行う溶解剤型のUV-NILプロセスで簡便に金属パターン形成が可能であることが示された。ポラスアルミナモールドの応用として、形状のそろったピラーアレーを作成した後、ピラー部分を分離し単分散のポリマー微粒子を作製する手法の提案があった。これまでは、インプリントは平板状試料に対して行われていたが、新しい技術として、テフロンファイバーやガラスファイバー等への繊維状試料に対するインプリントの報告があった。離型におけるペンタフルオロプロパンの効果を丁寧に評価した報告や、残膜除去時のドライエッチングプロセスがインプリント材料に与える影響を評価し、イオンの飛程よりも深く内部まで樹脂が親水化されるといった深い議論もあった。

「7.5 ビーム・光励起表面反応」(12件)では、様々な物質に対するビーム・光照射効果に関して意欲的な講演が行われた。特に物質としては、様々な応用が期待されているDL(C diamond like carbon)に注目が寄せられた。神戸大Gからは軽量水素貯蔵材料の開発を目指した水素脱離に関する金属酸化膜の効果や紫外線照射効果、また、長岡技科大Gや東大G、兵庫県立大Gからは集束イオンビーム法を用いたDLC3次元ナノ構造の作製機構やアニールによる変化、力学特性などが報告され、カンチレバーやヘテロ構造物、ナノスプリングが紹介された。京大Gからは中性クラスタービーム照射の報告があり、ソフトな励起による表面反応が期待される。セッションの後半では、ナノチューブ中での電子の量子的伝搬や光電子の反跳効果の理論的研究、スピン偏極原子状水素源開発や低速多価イオンビーム集束に関する報告がなされた。特にガラスキャピラ

リーによるイオンビーム集束では、キャピラリー中のビーム通過に関して活発な議論が展開された。

「7.6 イオンビーム一般」(29件)では、イオン源・集光系、及び分析装置関連の装置開発、ナノ構造の形成・表面改質とそれらの物性評価・応用、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、低真空 SIMS の開発が新たな取り組みとして注目された。また、高輝度電界電離型希ガスイオン源の開発、中エネルギーイオン散乱分析で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、高分子表面への規則的なナノ突起の形成、潜トラックのエッチングによるナノ孔の形成制御、及び、発光材料応用等での活発な議論がなされた。クラスターイオン関係では、半導体に加え、高分子材料への応用や照射効果、ナノ構造への磁性材料埋め込み等に関する最新の研究成果が報告された。

「7.7 微小電子源」(20件)では、イオンビームによって薄膜を任意の方向に曲げる新しい加工方法を提案した講演奨励賞受賞記念講演があった。微小電子源のみならず MEMS 等への応用も期待できる新しい加工方法として注目を集めた。また、微小電子源を使ったカラムレス SEM の提案がなされ、レンズを組み込んだ電子源の試作結果などが目を引いた。その他、微小なピラミッド上に一本だけ CNT を成長させる方法の提案や、イオン注入装置への電子源の応用、スピン SEM 用の室温動作するスピン偏極電子源、高温下でも動作する真空トランジスタ、40lm/W の効率を持つフィールドエミッションランプなど、微小電子源の新しいアプリケーションの最新成果がつつぎと報告され活発な議論がなされた。

「7.8 ビーム応用一般・新技術」(6件)では電子線照射による異種高分子の接着やサンドイッチ複合材料の衝撃値への影響に関する研究、電子銃カソードへのイオン流入阻止に関する報告、Cluster SIMS 用イオン液体の帯電液滴ビーム生成技術の開発、重イオン感受性の高い部位をマップピングする測定システムや 2 次元 X 線イメージング用の冷陰極を用いた平面 X 線源の開発など、今後の発展が期待される報告が多くなされ、活発な議論が展開された。