

「最先端の電子・集束イオンビーム装置技術」

京都大学 高岡義寛

兵庫県立大学 松井真二

電子とイオンは、それぞれ共通性と相違性を持った荷電粒子であり、工業への応用も様々な分野にまたがっている。特に、最先端技術を先導する電子ビームやイオンビームは、その優れた制御性や汎用性から、プローブビームとして微小領域の分析・評価分野や超微細加工、材料改質、機能薄膜形成などの材料プロセス分野に応用されている。さらに、半導体工業分野、金属工業分野、高分子工業分野などの産業界から強い関心と期待が持たれている。本シンポジウムでは、最先端の電子ビーム装置や絞った微小サイズのイオンビーム装置に焦点を当て、最新の電子顕微鏡技術および集束イオンビーム装置技術について紹介し、荷電粒子ビームの工業への応用を広く周知することを目的として企画した。

最初に、多持隆一郎氏（日立ハイテクノロジーズ・招待）が「走査電子顕微鏡(SEM)の高分解能化の歴史と最新技術」と題して発表を行った。SEMはこの50年で性能・機能が飛躍的に向上しており、今後も観察ニーズの多様化に対応するため、進化し続けると予測される。発表の中で、リターディング機能を採用することによって、加速電圧を例えば1kVに下げても、80万倍の高倍率で明瞭な金蒸着粒子のSEM画像が得られることを示した。さらに、観察が困難な高分子材料やソフトマテリアルなどについても、低損傷で高分解能のSEM観察ができることを示した。次に、奥西栄治氏（日本電子・招待）は、「透過電子顕微鏡(TEM)における最先端技術」と題して発表を行い、収差補正技術が確立されてTEMの性能が飛躍的に向上したことを示した。講演の中で、原子配列を直接可視化可能な高角度環状暗視法(HAADF法)を用いて、加速電圧300kVのTEM装置で63pm以下の分解能を達成したことを報告した。竹越秀和氏（ニューフレアテクノロジー・招待）は「マスク用電子ビーム描画装置の最新動向」と題して、2013年にリリースした電子ビーム描画装置(EBM-9000型)を中心に、高精度を達成するためのキーテクノロジーについて解説した。その中で、電子ビーム描画装置のパターニングにおける忠実度やラフネスの改善のために、ショットノイズの低減が必要となるので、レジストの低感度化が進むことを示唆した。その一方で、マスクの描画時間の短縮が求められるので、高精度で高スループットの描画装置が必要とされることを示した。小澤寛司氏（日本電子・招待）は「最先端の電子ビーム(EB)直接描画装置」と題して、最先端のスポット型電子ビーム直接描画装置の性能や機能、および応用例について紹介した。その中で、マスク不要で最小線幅4.2nmの細線パターンが作製できることを示した。このようにシンポジウムの前半は、「日本学術振興会荷電粒子ビームの工業への応用第132委員会」の産業界会員がそれぞれの装置メーカーの立場から、最新・最先端のSEM・TEM電子顕微鏡技術や電子ビーム描画装置技術について講演を行った。

シンポジウムの後半では、集束イオンビーム装置技術について4件の発表があった。麻畑達也氏（日立ハイテックスサイエンス・招待）が「FIB技術の最新動向」と題して、マイクロサンプリン

グ技術の開発を契機として、民生用途の FIB 装置の利用が拡大し、TEM 観察用薄片試料の作製に FIB が利用されたことを紹介した。その中で、FIB 鏡筒のビーム性能向上や FIB 鏡筒に加えて SEM 鏡筒を搭載したダブルビーム装置の開発などについて解説した。次に、小川真一氏（産総研・招待）が「ヘリウムイオン顕微鏡技術による評価と加工」と題して、産総研で開発されたヘリウムイオン顕微鏡(HIM)について紹介を行った。さらに、HIM を用いた様々な観察や評価について、またその他の応用研究として微細なタングステン構造堆積やグラフェン膜のエッチングなどについて解説した。以上2件の招待講演の後、米谷玲皇氏（東大・一般）が「集束イオンビーム立体ナノ構造形成技術とその高精度化」と題して発表を行い、高精度化への取り組みや描画システムの研究開発例を紹介した。最後に、竹内光明氏（京大・一般）が「メタルフリー・反応性負イオン FIB への応用に向けたイオン液体イオン源の開発と照射効果の検討」と題して発表を行い、新しいイオン液体イオン源の紹介を行った。その中で、正・負イオンビームのビーム特性や固体表面照射効果について解説した。

本シンポジウムは日本学術振興会第132委員会が母体となって企画した。本委員会では年に5回の研究会を非公開で開催している。この研究会では、学界会員や産業界会員にお願いして、お互いの情報交換の視点から、最新で最先端の荷電粒子ビーム装置技術に関する開発・研究成果を紹介して頂いている。こうした成果を社会に広く発信するために、本シンポジウムを開催した次第である。最後に、ご講演をお引き受け頂いた招待講演者の方々や、当日多数ご来場頂き、質疑応答を含め有意義な議論をして頂いた方々に、厚く御礼申し上げます。