

11 超伝導 講演会報告

今回は、初日 9 月 13 日の午後に「超伝導高周波エレクトロニクスの基礎と実践 – マイクロ波～X 線デバイスの基礎理論と実用化デバイス–」と題して山形大学の 大島重利名誉教授をお呼びして、チュートリアルが行われた。前半では超伝導高周波エレクトロニクスの基礎として各種の基礎理論が説明された。つぎに後半では実用化超伝導デバイスの現状として、実際に使われている各種のデバイスの紹介があった。参加者数は 40 名にもなり盛況だった。

一般講演では招待講演 1 件、口頭 91 件、ポスター 41 件の合計 133 件の講演が行われた。以下に中分類毎のまとめを記載する。

「基礎物性」セッション（接合・物性系）においては 11 件の発表があり、うち 9 件が固有接合（ポスター 3 件含む）、2 件が YBCO 薄膜であった。固有接合では、FIB ダメージ層の評価、ピン注入による接合特性への影響、テラヘルツ波の発振の高出力化、や偏光など発振特性を制御するための取り組みなどが報告された。また、YBCO 薄膜に関しては、NMR 用検出コイルへの利用を目指した人工ピンの導入についての報告があった。セッション（材料系）においては 25 件（講演奨励賞受賞講演 1 件、ポスター 7 件含む）の発表があり、うち 10 件が鉄系超伝導物質(関連物質含む)、7 件が REBCO 物質(関連物質含む)、平面 4 配位 CuO₂ 面をもつ超伝導物質 3 件、その他 5 件であった。2008 年の鉄系超伝導体の発見から 8 年経過した現在でも、鉄系物質から派生した物質探索が依然として広く進められている。また、既存の銅酸化物超伝導体においても、分子内の局所構造制御による臨界温度向上への取り組みや磁場配向による REBCO 材料化への取り組みなどが報告された。

「薄膜、厚膜、テープ作製プロセスおよび結晶成長」のセッションでは口頭発表 10 件とポスター発表 13 件の計 23 件の講演が行われた。内訳は RE-Ba-Cu-O 薄膜 16 件、Fe 系 4 件、MgB₂ 3 件であった。ポスター発表では、RE123 線材において金属基板に電流バイパスの役割を担わせることを目的とした導電性バッファの報告が数件あった。また、フッ素フリー MOD 法において液相を介した RE123 薄膜の作製について報告された。口頭発表では、導電性バッファ層の微細組織観察、TFA-MOD 法を用いた RE123 線材の接合、KOH フラックスを用いた RE123、RE124 厚膜の成長、PLD 法、電解析出や MBE 法を用いた Fe 系超伝導薄膜の成長、MgB₂ 極薄膜や MgB₂ 粒界の磁束ピンニング特性についての講演があった。分科会内招待講演では、PLD 法で作製した Fe(Se, Te)薄膜へのイオン照射効果について関西学院大の尾崎先生にご講演頂いた。講演時間が 15 分で質疑の時間が無かった。他の大分類では 30 分枠で質疑応答の時間を取っているセッションも見られたため、以後は考慮が必要である。聴講者は 50-60 名程度で座席はほぼ満席であった。会場の広さとしては適切であるよう

に思った。

「臨界電流・超伝導パワー応用」では9月14日の午後に11件の口頭発表があった。希土類系およびコート線材系で2件、 MgB_2 3件、電力ケーブル2件、Bi系2件、Fe系1件、バルク応用1件、TDGL計算1件であった。また9月14日の午前中には5件のポスター発表があった。バルク応用が2件、希土類系およびコート線材系で1件、TDGL計算1件であった。口頭発表では分科会内招待講演でNIMSの熊倉氏による「スウェージ加工により作製したPIT MgB_2 線材の組織と臨界電流特性」と題した講演があった。スウェーディング加工によって性能があがり、4.2 K, 10 T で $1.1 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ の工学的臨界電流を得ることができた。さらに2倍くらいにしたいということだった。希土類では名古屋大学のグループから低温成膜による人工ピンの導入の報告があった。九州大学のグループからはX線マイクロCTにより MgB_2 多芯線材を観察する報告があり、詳細な断面構造を見ることができるとを示した。会場は椅子だけで机がないので、ノートを取るのが不便であったが、部屋の大きさとしては適切であった。

「アナログ応用および関連技術」のセッションは、9月14日、15日の2日間で30件の口頭発表と8件のポスター発表が行われた。

検出器関連では、超伝導単一光子検出器 (SSPD) に関して、導波路結合型等の新しい素子構造のデバイスや宇宙応用や量子分光応用など、新しい展開がNICTから報告された。超伝導トンネル接合検出器 (STJ) に関してはアレイ化へと研究フェーズがシフトしており、産総研からはオール窒化ニオブ素子を目指したALD法による素子作製の検討や、冷凍機実装に関して報告が行われた。また力学的インダクタンス検出器 (MKID) についても、宇宙観測やテラヘルツ波検出への応用、素子の大面積化に伴う多重化等について報告された。その他にもパラメトリックアンプや超伝導フィルタ、転移端センサ (TES) といった超伝導デバイスに関する発表がなされ、特にTESについては重粒子線治療の高精度化に向けたTES応用に関する報告が東大からなされた。

SQUID に関しては、既に応用フェーズへと軸足が移っているが、今回も石油増進回収に向けた二酸化炭素挙動検出や、磁氣的免疫検査法、磁気ナノ粒子検出、イメージング、地磁気観測など、極めて幅広い応用への試みに関して報告がなされた。二酸化炭素挙動検出に関しては超伝導センシング組合から、フィールド試験を行い進捗 300 m までの安定動作や 4 pT 検出実証について発表された。また免疫検査法に関しては、従来未結合マーカからの信号の影響が従来問題だったが、今回マーカ濃度や反応時間を最適化することで再現性の安定性を確認したとの報告がなされた。またイメージングに関しても、磁気ナノ粒子 (リゾビスト) の2次元イメージングに成功し、ピーク SNR として 5.0 が得られたと報告された。デバイスに関しても、YBCO を用いた rf-SQUID を MgO 基板上に作製し単独駆動に成功したとの報告が大阪大学からなされた。

全体を通して、多くの聴講者がセッションに参加し活発な質疑応答が行われ、本研究分野の更なる進展や新たな応用展開が期待される印象であった。

「接合・回路作成プロセスおよびデジタル応用」では 14 件の口頭発表と 3 件のポスター講演があった。個々の回路や素子の研究でなく、複数の回路や素子の融合を目指した研究に関する発表が多くなっている印象を受けた。

超伝導位相を制御したジョセフソン接合や、超伝導薄膜を用いたトランジスタなどの新しい超伝導素子の研究に進捗が見られ、これまで研究が行われてきた超伝導回路技術との融合による応用の開拓が期待できる発表があった。近年活発に研究が行われている断熱型量子磁束パラメトロンの研究は、その基本特性に関する研究は一段落し、情報処理回路を目指した応用回路の進展や、他の超伝導回路やセンサと組み合わせたシステム化に関する発表が数件見られた。また、断熱型量子磁束パラメトロン用途に適した回路作製プロセスを用いた基本回路の動作事象が報告された。産総研からは層間絶縁層の成膜法を PECVD 法に変更した回路作製プロセスに関する報告がなされ、回路の歩留まりを劇的に向上させることができる可能性が示され、今後の研究の進展が期待される。

本報告は、入江晃亘（宇都宮大学）、堀井滋（京都大学）、一野祐亮（名古屋大学）、小田部荘司（九州工業大学）、山下太郎（NICT）、山梨祐希（横浜国立大学）、各氏の協力により作成したものです。