

大分類 11「超伝導」講演会報告

11.1「基礎物性（材料系）」では、オンライン開催のため、口頭発表のみであり、18件の発表があった。銅酸化物超伝導体関連7件、鉄系超伝導体関連4件その他の超伝導体関連3件、試料作製手法および計測技術関連4件であった。永久磁石を用いてRE-123バルクをc軸配向させた研究があり、簡便に配向試料を得られる手法として期待される。RE-123に比べて研究が少ないRE-247に関する研究があり、今後の進展が期待される。試料作製が難しいRu系銅酸化物に関する研究があり、100 μm 級の単結晶育成の報告があった。鉄系超伝導体では、電界効果や磁場侵入長の測定に関する研究や薄膜試料の輸送特性に関する報告があった。BiS₂系層状超伝導体において、 T_c 向上に関する研究やハイエントロピー化を導入した研究について講演があった。電極付きの改良版ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压下における水素化物の電気伝導測定や高压と電界効果を組み合わせた測定セルの開発に関する報告があり、高压下で高い超伝導転移温度の観測が報告されていることから、今後の研究が期待される。磁気光学イメージングを高速で行うことで、磁束量子の動きを観測した研究報告があった。多数の超伝導物質について合成および測定手法に関する議論が活発に展開された講演会であった。

11.1「基礎物性（デバイス系）」においては6件の発表があった。内訳は、THz-TDSによる超伝導体の面内異方性の測定手法に関する提案が1件、固有接合関連が5件であった。THz-TDSに関する報告では、テラヘルツ波の偏光を制御するセットアップと併せて試料透過率の異方性のシミュレーションならびにYBCO薄膜による実測結果が報告された。固有接合関連の報告はすべてテラヘルツ放射に関するものであり以下の通りである。2つの固有接合メサにおける同期現象と放射電磁界の偏光特性の関連性、アンテナとの結合効果、固有接合素子のアレイ化、材料特性と発振特性の関係、固有接合メサの自己発熱と電流分布に関する研究結果が報告された。今回の報告から、物理的、工学的、材料学的な観点からのアプローチにより固有接合における発振現象の理解と特性向上に向けた研究が着実に進んでいる印象を受けた。

11.2「薄膜、厚膜、テープ作製プロセスおよび結晶成長」では9月9日の午前に13件のオンラインでの口頭発表があった。内訳は、REBCO系薄膜で9件、Bi系で2件、Nb-Se系で1件であった。REBCO系薄膜ではRE系コーテッドコンダクター(CC)についての報告であり、Bi系については2212の作製方法、2201のキャリア制御、Nb-Se系では二次元NbSe₂の作製方法について報告された。尾崎（関西学院大）、藪内（京大）らは、GdBCO CCへの低エネルギーAuイオン照射が超伝導特性や微細構造に与える影響について、輸送特性と陽電子消滅法を用いて評価した。陽電子消滅法からは、Auイオン照射で微細な空孔が試料中に生じることが示唆された。静大の笹口、木村、向坂らはフッ素フリーMOD法を用いた液相成長、混晶やZr添加効果について報告した。液相成長では、従来法よりも厚い膜が差成長したことが示された。また混晶系やZr添加によってREBCOの成長が促進され、緻密な

膜が得られた事が報告された。寺西（九大）らは、REBCO 接合において、接合部で液相などが生成しており低酸素分圧下における成長であることを示した。奥村（同志社大）らは、エアロゾルデポジションによって Bi2212 の膜を作製する際に、MgO の添加効果や、下地材による異相生成への影響について検討した。蒔田（山形大）らは、キャピラリー効果を用いた膜成長法（Capped-LPE 法）を用いて、大きな面積の Bi2201 膜の作製について報告した。伊藤（学習院大）らは、針状 NbSe₃ を熱処理することで NbSe₂ を得ることに成功した。金泉（青学大）らは、フッ素フリーMOD 法によって Ag 基板上に Y247 組成の薄膜を作製し、低酸素分圧下で 247 相が生成することを示した。土井（京大）らは、Ni メッキ Cu テープ上に導電性中間層として La ドープ STO 膜を作製し、YBCO 層を成膜する酸化雰囲気にも曝されても導電性を維持することを報告した。岡田（東北大）らは、引張応力が働いた状態の REBCO 線材では、室温でも数十時間経過すると面内の a, b ドメイン比が変わることから、室温においても CuO 鎖の酸素が近接サイトに移動する可能性を示唆した。応力が印加されるマグネット応用に際しては重要な知見である。

11.3「臨界電流・超伝導パワー応用」では9月8日の午前中に9件のオンラインでの口頭発表があった。希土類系で2件、鉄系で2件、電磁現象解析で5件あった。コロナ禍の影響で少ない件数であったが、臨界電流密度の縦磁界効果や非対称な臨界電流特性、また電気伝導機構に対する組織欠陥の影響に関する発表など、セッション名に整合した多岐にわたるトピックで占められた。非対称な臨界電流特性については、名大の土屋らが BaHfO を含む SmBCO 薄膜において広範囲の温度領域での臨界電流の非対称性を調べることにより、表面バリアが有効となる高温領域かつ B_c 以下の低磁場領域で非対称性が顕著になることを実験的に明らかにした。非対称な臨界電流特性に対する試料表面の影響について、産総研の馬渡らは、表面の粗さを超伝導電子密度の空間的不均一性として考慮した London 方程式を基に非対称な臨界電流密度の解析的表式を求め、不均一な磁場侵入長を用いて表せることを示した。愛工大の一野らは、臨界電流特性の非対称性に対する表面形状の凹凸の影響とナノロッド導入の影響について、TDGL 方程式を用いた数値シミュレーション解析により量子化磁束の侵入の様子を示して明らかにした。臨界電流密度の非対称性の増加に向けて、実験、理論、数値シミュレーションによる系統的な研究により、今後の展開が期待される。また、農工大の山本、小原はサイトパーコレーションモデルを用いた数値シミュレーションにより、電気伝導経路に対する組織欠陥の影響を明らかにし、特に試料が薄膜のような 2 次元系において顕著になる組織欠陥周辺での電流の局所的迂回現象の存在を示した。これはナノロッドのようなピンニングセンターの周囲で電流の減少が生じていることを示唆しており、この電流の局所的迂回現象の低減するピンニングセンターとして、例えば熊大の末吉らによって報告された不連続な柱状欠陥構造が優位に作用する可能性がある。

11.4 は 9/10 及び 9/11 の午前中に開催され、計 16 件の発表が行われた。SQUID やミキサ、SNSPD、TES、MKID 等、超伝導アナログ分野の幅広いテーマに関して議論が行われた。初のオンライン開催のため質疑応答のやりにくさを懸念していたが、座長の方々他の尽力の

おかげで、当日は大変活発な議論が行われた。9/10のセッションではまず、豊橋技科大の大谷らが、YBCORF-SQUID中のジョセフソン接合の臨界電流に関して、リングを非破壊（非切断）で評価する手法を報告した。今後コイル及びサンプルのループ間結合係数を実測することで、臨界電流を評価できる可能性を示した。国立天文台の鶴澤らは、電波天文用ヘテロダイン受信機用の低雑音かつ低消費電力なマイクロ波増幅器の実現に向け、SISミキサの周波数変換利得を利用した（アップコンバータとダウンコンバータを組み合わせた）増幅器の試作を行った。Nb接合による140GHz帯ミキサを用いた評価を行った結果、10K以下の雑音温度と1.2uWが得られた。情通機構の三木らは、16エレメント超伝導ナノストリップ単一光子検出器の開発を行い、全エレメント合計で76%のシステム検出効率を達成した。さらに超伝導単一磁束量子回路マージャにより同時動作した場合にも同じ検出効率が得られ、1ns間隔の単一光子を分離して観測することに成功した。東大の三津谷らは、化学的安定性に優れたIrを用いた通信波長帯の転移端センサ（TES）開発を行い、0.4eVのエネルギー分解能が得られたことを報告した。産総研の今野らは、有効面積の大きいTi/Au 3x3 TESアレイ開発について報告した。マルチモードファイバーとの結合により4素子の同時光子測定を行い、エネルギー分解能や時定数等が1素子の場合から変化しないことを明らかとした。産総研の中田らは、可視光用TESのマイクロ波多重読み出しに関して報告した。現状では4ピクセル中、2ピクセルに関して光子スペクトルが得られ、エネルギー分解能は0.4eV程度であった（要改善）。九大の西田らは、ガンマ線用TESマイクロカロリメータにおける有限要素法（COMSOL）による熱伝導シミュレーションについて報告した。ガンマ線入射位置による出力波形の計算を行い、フィルタ適用により位置依存性が軽減できることを示した。9/11のセッションでは、埼玉大の伊藤らは、4種類（エッチング、リフトオフ、両方の組み合わせ、Alハードマスク）の異なる方法でNbのMKIDを作製し、Q値の比較を行った。その結果、エッチングによるプロセスにより高い内部Q値が得られることが分かった。また300Kでの抵抗率とQ値に相関傾向があることを示した。埼玉大の高橋らは、スパッタにより成膜したNb膜の表面分析を行い、酸化膜の層構造を確認しその膜厚が1.7nm程度であることを確認した。埼玉大の石塚らは、STJアレイ用TSV作製の最適化と評価を行い、歩留まりを75%まで向上させた。埼玉大の柴崎らは、自立SiNメンブレン上のSTJ開発に向けた、SiNの膜応力やエッチング耐性等を調べた。その結果、破裂せず低膜応力かつ十分なエッチング耐性を有するメンブレンの作製に成功した。

11.5「接合、回路作製プロセスおよびデジタル応用」では26件の口頭発表が行われた。今回はオンライン開催ということもあり、全ての発表が口頭発表となった。分野は新しい超伝導回路技術とその応用、回路および素子作製技術、超伝導量子情報素子を中心に多岐に渡り、発表件数も近年増加しつつある。名古屋大学からは従来の超伝導単一磁束量子回路を更に低電力した半磁束量子回路のための基本素子作製技術とその評価、数値解析による回路評価結果の報告があった。基本素子の作製技術が徐々に確立され、今後の回路動作検証への期待を持てる成果発表があった。横浜国大からは断熱磁束量子パラメトロンを用いた乱数

発生や、超伝導量子アニーリング回路の読み出し回路応用の発表がなされた。こちらは設計技術も含めてかなり成熟されてきており、様々な応用への展開とその実証が行われつつある。パイ遷移ジョセフソン接合や局地磁束の印加による超伝導位相を制御した回路の検討が続けられており、超伝導回路の性能向上の手法として注目される。目を引いた新たな応用として、超伝導アニーラを用いた乱数生成の報告があった。超伝導アニーラの1つの応用として有望と考えられるが、量子効果が出力乱数の質の向上にどの程度寄与するかはまだ不明とのことであった。名古屋大学からはパイ接合をループに含めた超伝導人工スピンを用いたアニーラの提案があった。広島大学からは伝送線路にジョセフソン接合を含めた物理系におけるソリトン波伝搬の解析結果と、それを用いた疑似ブラックホール発生に関する発表があった。解析結果は現状の素子作製技術を用いて実験による検証ができることを示しており、実験での検証結果の報告が楽しみである。

本報告は、加藤孝弘（矢崎総業）、長尾雅則（山梨大学）、末吉哲郎（熊本大学）、山下太郎（名古屋大学）、山梨裕希（横浜国立大学）、各氏の協力により作成したものです。