

高温超伝導材料のエレクトロニクス応用の進展と今後の展望

Progress and future prospects of electronic application of HTS materials

○田辺 圭一 (超電導工研, ISTECH)

○Keichi Tanabe (SRL-ISTECH)

E-mail: tanabe@istec.or.jp

液体窒素温度を超える臨界温度 (T_c) をもつ銅酸化物高温超伝導材料の発見以来、これを用いたセンサ、高周波デバイス、情報処理デバイスなど様々なエレクトロニクスデバイス及びシステムの開発が行われてきた。これらの中で最も早期の実用化が期待されたのは、高品質のエピタキシャル薄膜のみで構成できるマイクロ波領域のバンドパスフィルタなどの高周波受動デバイスである。米国で実用化されたバンドパスフィルタと半導体低雑音増幅器を冷凍機冷却した携帯基地局用受信ユニットは、国内では実用化されなかったが、フィルタの設計技術や冷凍機の技術は引き継がれ、耐電力性能に優れたハイブリッド型フィルタを搭載した気象レーダ用の送信フィルタユニットや電波望遠鏡用のデュアルバンド受信フィルタが最近実用化されている。

センサ応用に関しては、超高感度性能やアレイ化が必須な電磁波センサはもっぱら低温超伝導の領域であり、SQUID 磁気センサを用いた、特に冷却の容易さが要求される各種小型検査装置や資源探査などの野外使用装置の開発が続けられ、食品中金属異物検査装置や金属資源探査装置が小規模ながら実用化された。SQUID 作製に必要なジョセフソン接合については、粒界接合が初期の頃より広く用いられてきたが、2000 年前後に国内で単一磁束量子デバイス用に精力的に開発された薄膜積層を含むランプエッジ接合の技術が SQUID に適用され、磁場感度や耐磁場性能の向上に繋がった。この薄膜積層型の高性能 SQUID 磁気センサを用い、様々な応用装置の開発が進んでいる。例えば、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の委託で開発された金属資源電磁探査装置実用機は 1000m クラスの探査深度を持つことが実証され、南米など海外での実探査に用いられている。この開発の過程では、高周波外来ノイズ遮断などの実装技術が大きく進展し、野外での安定使用が可能になった。また、石油層のモニタリングへの適用をねらいとし、地下 2000-3000m の坑井中という高圧、高温の環境下で SQUID 磁気センサを動作させる技術の開発も進められている。一方、科学技術振興機構 (JST) のプロジェクトでは、磁気微粒子を用いた免疫検査装置や汎用小型磁化率計のプロトタイプ機の開発が行われ、性能実証の段階に進みつつある。また、橋梁などの社会インフラの維持管理に寄与する鋼材の非破壊検査装置の開発が進められている。これら以外にも、RF-SQUID を用いた走査型磁気顕微鏡や超低磁場 NMR/MRI を利用した異物検査装置などの開発も続けられている。

高温超伝導材料発見後 30 年が経過し、エレクトロニクスデバイス及びシステムの開発も高温超伝導のメリットが活かせる分野に絞り込まれてきた。デバイス以外に周辺技術の進展も顕著であり、これらの技術をベースに、新たな応用分野の開拓とより広範な実用化が今後期待される。