

極低温小形冷凍機の じょうずな使い方

竹内孝行

たけうち たかゆき 富士電機システムズ(株)
技術開発本部 回転機センター
クライオクーラプロジェクトグループ マネージャー

1. はじめに

超伝導技術は21世紀の技術と言われて久しいが、21世紀になった今、どの程度実用化に近づいたか。超伝導材料で物作りした時にその恩恵が大きなものであるかどうかは尺度となろう。例えば、得られる性能が現状技術による装置の1,000~10,000倍となれば常伝導材料では実現できない。しかし、超伝導技術を装置として具現化するためには極低温と呼ばれる液体窒素温度(77K)や液体ヘリウム温度(4.2K)を使わなければならないために、取り扱いが複雑であった。また、超伝導材料により装置の小形化が可能になるといっても、電源や極低温を維持する冷凍装置が大きな設置スペースを必要とする。さらに常温から極低温部分へ構造体やリード線を介して、また輻射によって流入する熱を真空層や窒素層によって抑制するための断熱構造が複雑となり、結果として装置を小形化できないため、超伝導技術全体の実用化が遅れていたと言える。

しかし、高温超伝導材料であれば液体窒素温度で超伝導状態となるため、低温超伝導材料のようにヘリウム温度に冷却しなくとも良く、そうすると冷凍装置が小さくなるばかりでなく、断熱構造が簡単になるため、常伝導材料による装置と比較して、より小さく、高性能の装置が実現できる。また、機械式の小型冷凍機を使うことにより、液化窒素の再生や装置全体の小型化が進み、高温超伝導の実用化が急速に進もうとしている。

ここで紹介をする極低温小形冷凍機、特にスターリング式パルスチューブ冷凍機は、使用する既存の装置に容易に取り付けることができ、冷却端と呼ばれる機械的端部を低温から極低温(60~200K)まで冷凍することができ、50,000時間という非常に長いメンテナンスフリー性を有するために、高温超伝導材料で作られ

たセンサやデバイスの冷却、電力機器の冷却装置として脚光を浴びてきている。

2. 低温や極低温の利用

極低温とは通常、液体窒素温度(77K)以下をいい、高温超伝導材料は、液体窒素温度レベルに冷凍することで電気抵抗がゼロになることを利用し、無損失で電流が流せる材料である。この材料を使うと低損失で小形・高性能な電気機器を作ることができる。

現在、実用化されている高温超伝導材料を使った装置には、SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) と呼ばれる高精度磁気センサを使った医療用心磁計、肉など食品への金属含有検査装置、金属材料の非破壊検査装置、微小重力測定装置等がある。この磁気センサでは地磁気(30 μ T)の1万~100万分の1の計測ができ、かつ対象物が脆弱なものでもダメージを与えずに非接触・非破壊で計測できる利点を持っている(図1)。

また、高温超伝導材料で作られた移動通信用バンドパスフィルタは、挿入損失がほとんど見られず、(図2)に示すように通過バンド範囲以外で急峻な減衰特性を持つため、隣接する他の事業者の周波数帯に干渉などの悪影響を及ぼさない利点があるため、混信のない高い通信品質が得られる(図2)。

高温超伝導材料でない場合でも、センサをマイナス温度にすることで検出感度を上げたり分解能の高い性能を得ることができる。これは、CCD、蛍光X線検出、放射線センサのように、対象物から出る微弱電子を扱う分野では、センサ自身が過熱して電子を放出したり、環境温度が高いために電子が運動し、対象物か

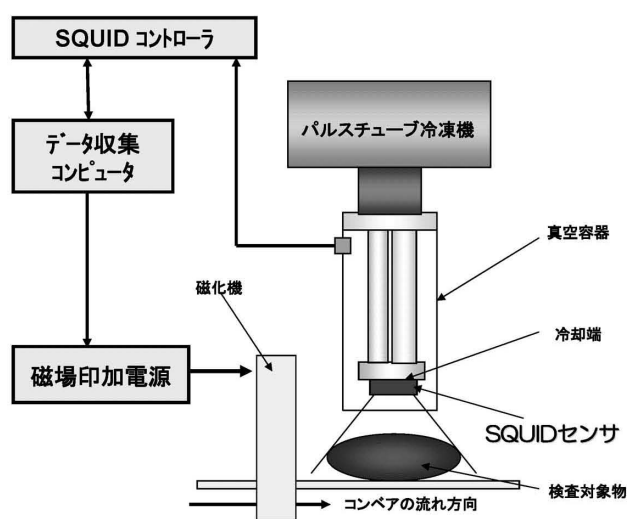


図1 SQUIDによる検査装置の例