

超低温への高効率冷却を実現するための プラスチック多孔質体熱交換器の検討

多孔質体プラスチックにより超低温への冷却効率が向上

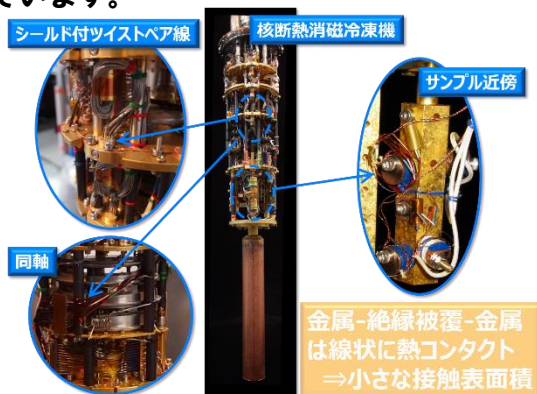
- 超低温冷却用熱交換器材として、プラスチックの可能性を検討
- 熱交換器製造技術を活用し、ナノプラスチックを多孔質化し大表面積化
- 超伝導量子デバイス安定動作に必要な超低温への高効率冷却に貢献

研究のねらい

量子計算などで用いられる超伝導量子デバイスの安定動作には、10 mK程度の超低温環境が必要です。しかし、超低温下で増大する熱界面抵抗やデバイスの集積化に伴う多数の高周波測定配線による熱流入量増加のため、デバイスを超低温へ冷却することは容易ではありません。そこで、ヘリウムとの熱界面抵抗が小さく、低熱容量のプラスチック（PLC）に着目しました。これに、産総研が持つ最低冷却温度4 mKの希釈冷凍機を実現した熱交換器製造技術を活用し、大表面積を有するPLC多孔質体熱交換器を開発します。本技術は、デバイスの高効率超低温冷却やPLC希釈冷凍機の創出に貢献できます。

研究内容

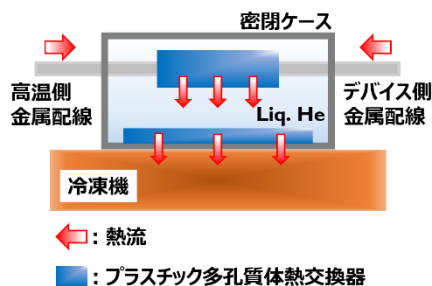
デバイスの測定配線を有効に冷却することで、冷やされた電子によりデバイスを超低温に冷却できます。熱交換表面積が増加すると、熱界面抵抗は低減します。左図の配線冷却法では、配線の熱交換表面積が小さく有効に冷却できません。PLCは熱伝導では金属に劣りますが、PLCの中には、金属に比べ、液体ヘリウムとの熱界面抵抗が1桁以上小さく、熱容量が1/7以下と冷えやすいものがあります。多孔質化したPLCは大きな熱交換表面積を有し、超低温冷却を高効率化する熱交換器材としてのポテンシャルがあります。これを液体ヘリウム浸漬による配線冷却のための熱交換器（右図）や10 mK以下を生成するPLC希釈冷凍機へ応用することを検討しています。



測定配線の一般的な冷却方法

連携可能な技術・知財

- 希釈冷凍機 ($T < 10$ mK)
& 核断熱消磁冷凍機製造技術 ($T < 1$ mK)
- 暫定低温度目盛PLTS-2000に基づく精密超低温計測・抵抗温度センサの校正
- ヘリウム3融解圧 (mK温度領域)
& 白金NMR温度計測技術 (μ K温度領域)
- 特願2017-222403 (2017/11/20)
「熱交換器、その製造方法、および冷却装置」
- デバイステスト環境 ($T \leq 1$ K & $B \leq 9$ T)



多孔質体-液体ヘリウムの熱コンタクト
⇒ 大きい接触表面積/Heの熱ガード
⇒ 熱界面抵抗小さく、冷えやすい

測定配線の液体ヘリウム浸漬冷却

- 研究担当：中川 久司
- 所属：物理計測標準研究部門 極限温度計測研究グループ
- 連絡先：hisashi-nakagawa@aist.go.jp