量子電子顕微鏡の原理検証のための極低温電子光学装置

A cryogenic system for testing quantum electron microscopy principles

秋田県大システム¹, ⁰(M1C)高山 幸宏¹, 奥田 優樹¹, 三浦 茂男¹, 岡本 洋¹ Akita Pref. Univ.¹,[°](M1C) Yukihiro Takayama¹, Yuki Okuda¹, Shigeo Miura¹, Hiroshi Okamoto¹

E-mail: M20B011@akita-pu.ac.jp

クライオ電子顕微鏡法を用いた生物試料 の観察では、試料に高いエネルギーを照射す るため分子損傷や放射線損傷が起こり、高い 分解能が得られない.分解能を向上させるた めには、ミリケルビンに冷やされた超伝導デ バイスの近くで電子ビームを飛ばす必要が ある[1,2].それに向けて我々は超伝導デバイ スをサブケルビンに冷却するためにヘリウ ム3冷凍機を作製する.

作製予定のヘリウム3冷凍機は、パルスチューブ冷凍機を用いて気体のヘリウム3を液化し、真空ポンプでポンピングすることでサブケルビン温度を得る.しかし、気体のヘリウム3を液化する際凝縮熱によって、2Kまで冷えるパルスチューブ冷凍機の温度がヘリウム3の沸点(3.2K)に達すると液化できなくなってしまう.

そこで, Fig. 1 (a)に示すパルスチューブ冷 凍機の冷却性能について検証した. Fig. 1 (a) については逆さの状態である. ヘリウム 3 の 凝縮熱に代わるものとして, パルスチューブ 冷凍機の4Kステージ(Fig. 1 (a))にヒーター を取り付け,発生熱に対する温度上昇を測定 した.測定結果をFig. 2に示す. 結果より, 約0.16Wでヘリウム3の沸点(3.2K)に達した

これを踏まえ、ヘリウム3冷凍機を作製する. ヘリウム3冷凍機を作製する. ヘリウム3冷凍機はパルスチューブ冷凍 機の4Kステージ部分(Fig.1(a))に熱接触試 料を設けることによって接続させる. しかし、 現在の研究環境(Fig.1(b))では、4Kステージ 付近に十分なスペースがないためヘリウム3 冷凍機を設置できない.

また、サブケルビンに冷却された超伝導デ バイスの近くで電子ビームを飛ばすための 前段階の実験として、電子ビームを真空中か つ極低温中に飛ばすことが必要である.この ためには広い真空空間及び極低温空間、電子 発生装置等を操作する作業スペースが必要 である.

そこで、パルスチューブ冷凍機を地面から 高い位置に固定するためのフレームワーク 及びヘリウム3冷凍機を格納できる大きい真 空装置を作製する. Fig.3 にその全体図を示 す.

本講演では、パルスチューブ冷凍機を固定 するために作製するフレームワークと真空 装置、及びこれらを用いた際のパルスチュー ブ冷凍機の冷却性能について述べる予定で ある.



Fig. 1. (a) The pulse tube refrigerator and (b) a vacuum jacket containing it.







Fig. 3. Schematic of the system being built.

参考文献

A 85, 043810 (2012).

 H. Okamoto and Y. Nagatani, "Entanglementassisted electron microscopy based on a flux qubit", Appl. Phys. Lett. **104**, 062604 (2014).
H. Okamoto, "Possible use of a Cooper-pair box for low-dose electron microscopy", Phys. Rev.