

物性測定用小型 GM 冷凍機の性能試験

増山新二*

Performance Test of Small Size GM Refrigerator for Physical Properties Measurement

Shinji MASUYAMA

Abstract

The performance test of a small size refrigerator has been done. The type of the refrigerator is two-stage Gifford-McMahon (GM). The electric power consumption is 1.3 kW at 60 Hz. One of the purposes of this GM refrigerator is to using for physical properties measurement. A hybrid type regenerator material is filled in the 2nd-stage regenerator to obtain the cooling temperature of 4 K level. The 2nd-stage of the GM refrigerator cooled from room temperature to 3.2 K in about 3.5 hours and the 1st-stage temperature was 33.7 K. The cooling power of the 2nd-stage was 50 mW at 4.2 K. It succeeded in the measurement of the resistivity characteristics depending on temperature of copper wire. This GM refrigerator has the acrylic chamber instead of the stainless steel chamber to visualizing the 2nd-stage. It will be enabled to carry out many experiments.

Keywords: Small size GM refrigerator, 4 K level, Physical properties measurement

1. はじめに

一般的に冷凍機と呼ばれているものは、150K以下の冷凍温度を対象としている。また、その冷凍機を動作するために必要な所要電力が約 10kW以下のものを小型冷凍機という。小型冷凍機は、蓄冷器を用いる方式と向流型熱交換器を用いる方式に大別できる。本研究に用いられた冷凍機は、比較的小型の実験に向いている蓄冷器方式を利用したもので、冷凍サイクルとしては 1959 年、W. E. Gifford と H. O. McMahon により開発[1]された Gifford-McMahon サイクルであり、Gifford-McMahon 冷凍機、または GM 冷凍機と呼ばれている。

近年、小型冷凍機は、宇宙開発や衛星通信、半導体製造用真空装置や赤外線センサの冷却、また超電導体の冷却などの分野で利用されている。GM 冷凍機は、構造が簡単で信頼性が高いことより、現在もっとも普及している冷凍機の一つである。

本研究では、極低温まで冷却可能な GM 冷凍機を使用し、その性能試験および物性測定をおこなった。

2. GM 冷凍機

図 1 に GM 冷凍機の概略図を示す。本研究に使用した GM 冷凍機は二つの冷却ステージを持ち、2 段 GM 冷凍機と呼ばれている。図左側の冷凍機部は、肉薄ステンレスのシリンダ内にディスプレイサが挿入されており、その内部に蓄冷器がセットされている。さらにその内部に冷却温度と大きな関係を持つ蓄冷材が充填されている構造である。1、2 段ディスプレイサは同軸上に配置されており、シリンダ内を上下に往復運動して、作業ガスの移動をおこなっている。この冷凍機部が室温に置かれたコンプレッサとフレキシブルチューブを介して接続され、高・低圧ガスの出し入れがおこなわれている。通常、作業ガスには不活性気体であるヘリウム 4 を使用する。

蓄冷式冷凍機の最低到達温度を左右する大きな要因の一つとして、蓄冷器内に充填される蓄冷材の物性値、特に体積比熱が挙げられる。膨張空間で冷やされたガスは蓄冷材と熱交換をしながら吐出されるため、蓄冷材の比熱が低温側で大きいことは、冷凍機の到達温度を低下させるために有効に働く。通常、2 段 GM 冷凍機の蓄冷材として、