

希釈冷凍機不要の量子技術を目指して
—フレキシブル導波管を用いた極低温ミリ波計測—
Toward Millikelvin-Free Quantum Technologies
—Cryogenic Millimeter-Wave Measurements using Flexible Waveguides—

岡崎 雄馬[†]
Yuma OKAZAKI[†]

† 国立研究開発法人産業技術総合研究所

概要

近年、極低温でマイクロ波を扱う技術の発展により、量子コンピュータや量子センサーなどの「量子技術」が、従来のコンピュータやセンサーでは実現できない性能を目指す次世代技術として急速に発展している。例えば、超伝導量子ビットでよく利用される数 GHz のマイクロ波は、エネルギーを温度に換算すると約 0.4 K に相当する。このため、熱による不要な励起を防ぐには、ミリケルビン温度まで冷却できる希釈冷凍機が必要になる。しかし、希釈冷凍機は価格が約 1 億円と高価であり、量子技術の敷居の高さの一つとなっている。我々は、マイクロ波よりも周波数が高くエネルギーの大きい「ミリ波」を利用する新奇の量子技術の実現を目指している。例えば、ミリ波の一例である 200 GHz の電磁波は、温度換算で約 10 K に相当する。そのため、希釈冷凍機を用いなくても、より安価なパルスチューブ冷凍機で到達可能な約 3 K において熱励起を大幅に抑えられる可能性がある。一方で、ミリ波を極低温環境へ導入し量子技術に利用するためには、低温と室温部を繋ぐ信号伝送技術や高感度な信号計測法の確立など極低温計測技術の新たな基礎研究が必要となっている。

本講演では、まず現在主流であるマイクロ波を用いた極低温量子計測技術の概要を紹介し、その後、産総研で開発を進めている V 帯 (50 GHz から 75 GHz) の極低温ミリ波計測システム開発について紹介する (図 1)。極低温測定では室温から低温を接続する配線の熱流入を抑えることが重要であるが、我々はその解決策としてフレキシブル導波管を採用した。実際、4 K 以下の極低温環境へ V 帯のミリ波を導入し、良好な透過特性を実現している。

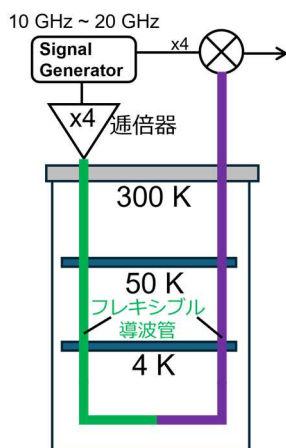


図1 フレキシブル導波管を用いた冷凍機セットアップの模式図

Abstract

Recent advances in quantum technology rely on cryogenic microwave measurements; however, suppressing unwanted thermal excitation requires millikelvin temperatures achievable only with expensive dilution refrigerators. We propose using higher-energy millimeter waves, whose larger photon energies can suppress thermal excitations even at temperatures attainable with low-cost pulse-tube refrigerators. To realize this approach, we developed a V-band (50 GHz to 75 GHz) cryogenic measurement system employing a flexible waveguide. Using this system, we successfully transmitted and measured millimeter-wave signals at 4 K.