

(27-1)

平成 27 年度研究開発成果概要書

課 題 名 : 光・量子情報通信用超伝導単一光子検出システムの小型化技術の研究開発
採 択 番 号 : 16301
個別課題名 : 課題ア-2 小型2K冷凍システムの試作機開発
副 題 : 小型2K冷凍システム

(1) 研究開発の目的: 本研究課題では、超伝導単一光子検出システムの主要体積を占める極低温冷凍機を小型化しつつ、光・量子情報通信における高い光子検出性能が達成できる温度領域(2K台)が維持できる、超伝導単一光子検出システム用の小型化冷凍システムの研究開発を行い、実際に量子鍵配送試験において性能検証を行う。平成27年度は小型2K冷凍システムの試作機開発を実施している。

(2) 研究開発期間

平成24年度から平成28年度(5年間)

(3) 実施機関

住友重機械工業株式会社<幹事者、一者のみで研究実施>

(4) 研究開発予算(契約額)

総額333百万円(平成27年度62百万円)

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題ア-1 : 小型2K冷凍システムの要素開発(担当:住友重機械工業株式会社)

課題ア-2 : 小型2K冷凍システムの試作機開発(担当:住友重機械工業株式会社)

1. 課題ア-2-1 小型2K膨張機の冷凍能力

2. 課題ア-2-2 小型圧縮機の効率

3. 課題ア-2-3 クライオスタットの最適化.

課題ア-3 : 小型2K冷凍システムに関する実証実験

(担当:住友重機械工業株式会社)

(6) これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

		累計(件)	当該年度(件)
特許出願	国内出願	14	1
	外国出願	23	8
外部発表	研究論文	7	4
	その他研究発表	8	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	0
	標準化提案	0	0

(27-1)

(7) 具体的な実施内容と成果

課題ア-2 小型2K冷凍システムの試作機開発

(A) 課題ア-2-1 小型2K膨張機の冷凍能力

この課題の目標は膨張機の長さを現行機の2/3以下に小型化することである。H27年度は、平成24～26年度要素開発成果の基に、継続的小型2KGM型膨張機の試作機開発を行った。具体的には、膨張機のシリンダ材質の更なる最適設計、フランジの短縮化、駆動部の最適設計等を通じて、試作した試作機は現行機比合計147.5mm(33%)の小型化を実現し、膨張機の短縮目標を達成した。また、駆動部の横長さも最適設計等を通じて、平成26年度の要素試験機より31mmの短尺化を実現した。この結果は、後述の2Kクライオスタットの小型化(課題ア-2-3)にも良い影響を及ぼした。

(B) 課題ア-2-2 小型圧縮機の効率

24年度は、2K冷凍システム圧縮機の方式選定を行い、圧縮機小型化のためにリニア圧縮機を選定した。リニア圧縮機は、従来の圧縮機に必須なオイル潤滑を無くすることが可能で、オイルセパレータ、アドソバ等の補機類が不要となり、システムの小型化を図ることが可能となる。しかし、GM冷凍機用の弁付き無潤滑リニア圧縮機実用化は、世界的にも例がなく、効率ならびに信頼性を現行の圧縮機と同等とするためには非常に多くの技術課題が存在し、そのための要素技術開発は不可欠となる。

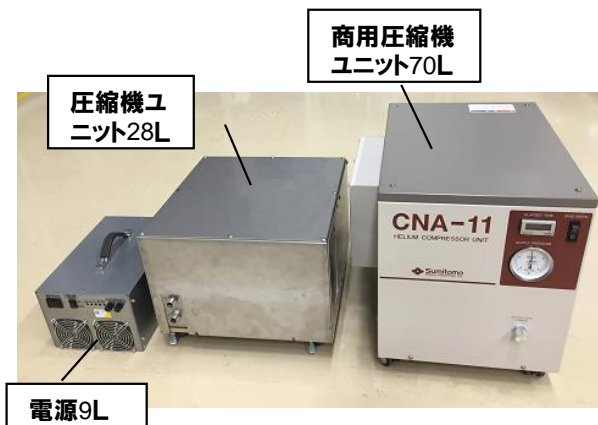
無潤滑リニア圧縮機の開発にあたり、現行圧縮機と同等効率ならびに信頼性を得るための技術課題を机上検討により抽出した。また開発するに当たり特許調査を行い、今後無潤滑リニア圧縮機を開発する上で基本的な技術問題が無いことを確認した。その後、設計条件を基に流体運動解析し概念設計を行った。

25年度は24年度の結果を受け、個々の部品に関してさらに詳細な解析を行い、要素試験機的设计製作を行なった。26年度は、ばねの耐久試験、モータの特性試験を経て、圧縮機単体試験を行い、概ね当初の設計計算結果を

満足する値が得られた。27年度は、圧縮機のピストンシールならびに弁からのガス漏れを軽減することによる効率改善と膨張機との組み合わせ性能試験を行い、現段階では、目標性能 $2^{\text{nd}}/1^{\text{st}}$ 20mW at 2.3K/1W at 60K に対し、 $2^{\text{nd}}/1^{\text{st}}$ 17mW at 2.3K/1W at 49K 電気入力 1.2kW (含冷却ファン、ポンプ動力、膨張機用モータ駆動電力、インバータ損失) となり、従来の圧縮機を使った場合とほぼ同じ値が得られている。さらに、駆動電源ユニットの開発と圧縮機のユニット試作機の開発を行い、目標容積 35L に対し、圧縮機ユニット 29L、電源 9L、総容積 38L が得られている。28年度は、圧縮機ユニットのさらなる小型化と合わせて、消費の電力低減ならびに開発圧縮機を使った実証実験を行なう予定である。

(C) 課題ア-2-3 クライオスタットの最適化

H26年度の開発において、小型2Kクライオスタットの試作機1が全長430mmとなり、開発着手前の755～767mmに対し、43%以上も小型化を実現したことを受けて、H27年度では、膨張機の更なる小型化成果を生かして、クライオスタットの更なる最適化を図りつつ、一層の小型化を目指した。その結果、H27年度の試作機2の全長は382mmとなり、開発着手前の全長約760mmに対し、約50%の小型化を実現し、サイズの半減という大きな進展を成し遂げた。



図ア-1-4-1. 無潤滑リニア圧縮機
搭載圧縮機ユニットと電源比較写真