

平成 26 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-1 小型2K冷凍システムの要素開発
 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26年度は引き続き小型2K冷凍システムの要素技術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26年度66百万円)※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)

1. 課題ア-1-1 小型2K膨張機の要素技術
2. 課題ア-1-4 小型リニア圧縮機の要素技術
3. 課題ア-1-5 クライオスタット要素技術

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)

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	12	4
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	3	3
	その他研究発表	4	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	1
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

課題ア-1 小型2K冷凍システムの要素開発（平成24～26年度実施）

(A) 課題ア-1-1 小型2K膨張機の要素技術

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。H26年度は、平成25年度要素開発成果の基に、継続的小型2KGM型膨張機の要素技術開発を行った。具体的には、(a)膨張機のシリンダ部について、シリンダ肉厚の更なる最適設計や蓄冷器の更なる効率向上及び1段膨張室サイズの最適化等を通じて、シリンダ部を98.8mmの短尺化することを可能にした。(b)膨張機の駆動機構について、モータの選定や駆動部品の最適設計により、駆動部を43.5mm短尺化することが可能になった。以上のことにより、試作した要素試験機は現行機比合計142.3mm(32%)の小型化を実現し、膨張機の短縮目標を達成する要素技術を確立できた。この結果は、後述の2Kクライオスタットの小型化にも良い影響を及ぼした。

(B) 課題ア-1-4 小型リニア圧縮機の要素技術

26年度は、25年度と24年度の成果を受けて設計製作した一次要素試験機について、次の試験を行なった。(a)ばね信頼性試験として、 10^7 回の繰り返し試験を行い問題がないことを確認した。(b)モータの特性試験を行い、推力定数、損失測定を行いモータ効率75%が得られたことを確認した。(c)圧縮機の性能試験として、単体試験を行い圧縮機効率57%が得られたことを確認した。これらより、概ね当初の設計計算結果を満足する値が得られた。さらに、膨張機との組み合わせ試験を行い、最低温度2.18Kに到達した。現段階では、目標性能 2段20mW at 2.3K、1段1W at 45K に対し、11mW at 2.3K/1W at 54K 電気入力1.3kW(含冷却ファン、ポンプ動力)が得られた。また、圧縮機駆動電源の設計製作も行なった。

(C) 課題ア-1-5 クライオスタット要素技術

平成26年度のクライオスタット要素技術開発は主に試作機1の製作と評価を実施した。膨張機の要素技術開発において、開発目標に近い成果(膨張機短縮目標147mmに対し実績142.3mmの短縮、目標の97%達成)が得られた。その成果をクライオスタットに適用した際の小型化効果と冷却性能を確認するために、試作機1を製作した。その結果、平成25年度製作の要素試験機(高さ490mm)に対し、平成26年度製作の試作機1は高さが430mmになり、さらなる小型化ができた。開発当初のクライオスタット(高さ755mm)に比べ高さが約57%になり、半分強のサイズになった。また冷凍性能について、2段ステージの最低到達温度は2.2K台で、要素試験機と同様の性能を示していることが確認できた。同時に1段ステージの最低到達温度は約50Kで、要素試験機よりも約5K低下したことも確認された。このことは、試作機1の冷却性能が一年前の要素試験機より向上したことが言える。

(8) 研究開発イメージ図(別紙)

