

研究開発テーマ名

# 導波路光パラメトリック増幅器および光量子導波路回路に関する研究開発

## 2022年度までの進捗状況

### 1. 概要

本研究開発テーマは、量子テレポーテーションチップの実現を目指します。これにより、光量子状態の質を高め、光量子情報処理を安定化し、目標6並びに本プロジェクトの目標である誤り耐性型大規模汎用量子コンピュータの実現に貢献します。目標達成に向けては、光を操作するためのデバイス特性の向上が重要です。本テーマでは、光通信向けに極限まで性能を向上させてきた導波路型PPLN(周期的分極反転ニオブ酸リチウム)技術とPLC(石英系平面波回路)技術を光量子情報処理に適用して目標達成を目指しています(図1)。これらの技術をもとにスクイージングレベル 10dB のスクイズド光の生成や忠実度 8.3 の光量子テレポーテーション回路の実現を目指しています。

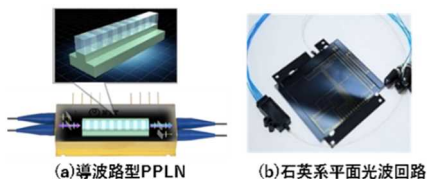


図1 光量子情報処理に用いる光通信向けデバイス技術

### 2. 2022年度までの成果

- ① PPLN 導波路型スクイザで 10THz 級の透過帯域と 8dB 超のスクイージングレベルを達成
  - ② 損失 0.5dB の PLC 型ユニバーサルスクイザを作製
  - ③ PPLN 導波路位相感応増幅器で帯域 43GHz のリアルタイム測定を実証
- 各成果の詳細は以下の通り：①は PPLN 導波路型スクイ

ザの低損失化により導波中の変換効率を極限まで高め、共振器構造を不要にして周波数依存性を低減し光の伝送帯域と同等の 10THz 級の帯域を世界で初めて実現し、さらに、8dB を超えるスクイージングレベルも達成しました(図2)。

②は量子テレポーテーション回路にスケールアップ可能な PLC 型ユニバーサルスクイザ回路で損失を徹底的に低減し 0.5dB 程度に損失を抑えられることを確認しました(図3)。

③では射影測定の基本となる直交位相振幅検出において、帯域制限やノイズ源となる後段の電気のアンプの代わりに、PPLN 導波路の位相感応増幅器を前置増幅器として用いることで 43GHz 帯域で量子状態の計測が可能であることを世界に先駆けて示しました(図4)。

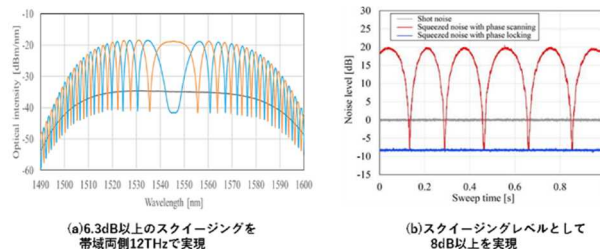


図2 PPLN 導波路モジュール特性

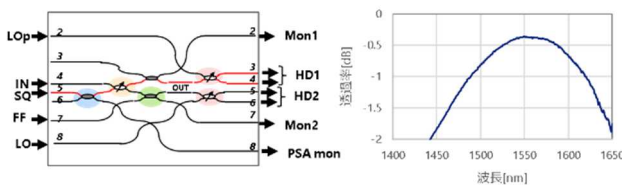


図3 PLCによるユニバーサル回路と透過特性

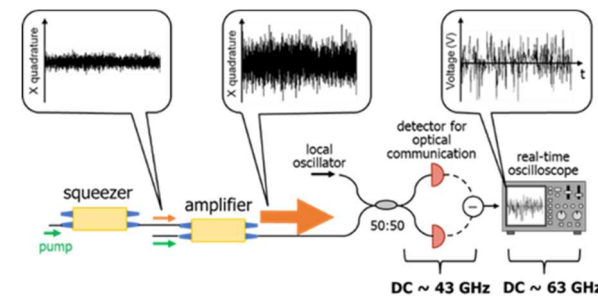


図4 PPLN 導波路前置増幅直交位相振幅測定系

### 3. 今後の展開

2022年度までの成果をさらに発展させ、目標とするデバイス特性の実現を目指します。一方、可能な限り早期に量子コンピューティングを実証するという観点から、現時点では PLC を用いた集積回路による量子コンピューティングの実証は困難であると判断して、PPLN 導波路モジュールを空間光学系や光ファイバ系と組み合わせて、プロジェクト内の他の研究開発テーマと連携して光量子コンピュータの実証系の実現に貢献していきます。

#### 参考文献

- 1) T. Kashiwazaki, et al., Appl. Phys. Lett. 119, 251104 (2021)
- 2) T. Kashiwazaki, et al., Appl. Phys. Lett. 122, 234003 (2023)
- 3) A. Inoue, et al., Appl. Phys. Lett. 122, 104001 (2023).