

プログラム名：量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現

PM名：山本 喜久

プロジェクト名：量子人工脳

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 7 年 度

研究開発課題名：

レーザーネットワーク型コヒーレントイジング／XY マシンの開発

研究開発機関名：

株式会社アルネアラボラトリ

研究開発責任者

太田 裕之

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

レーザーネットワーク型コヒーレントイジング／XY マシーンを構築する上で、そのベースとなるモードロックファイバレーザを XY マシーンに最適化して構築する必要があり、またレーザとして発振を安定化しなければならない。さらに、そのモードロックファイバレーザを用いて XY マシーンとしての装置開発を行い、その機能が期待通りの機能動作をするかを検証・実証することを目標としている。当該年度においては、2年計画の1年目としてベースとなる部分を構築する。

① モードロックファイバレーザの構築

- ・モードロックファイバレーザの共振安定化
- ・XY マシーンとしてのモードロックファイバレーザの最適化

② レーザーネットワーク型コヒーレントイジング／XY マシーンの機能動作検証

- ・XY マシーンとしての回路構成の検討
- ・XY マシーンの基本動作確認

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

上記二つの開発課題に対し、進捗状況は以下の通りである。

① モードロックファイバレーザの構築

モードロックファイバレーザ発振としては、駆動する電気信号周波数とファイバ長による共振周波数とを完全に一致させる必要があり、それがずれると発振が不安定になる。そのため、発振光パルス幅の最適化をすることにより耐力の増加、PLL 回路の作製による駆動周波数と発振周波数の完全一致により、レーザ発振の安定化を図った。

② レーザーネットワーク型コヒーレントイジング／XY マシーンの機能動作検証

XY マシーンとしての回路構成を検討した。N ビットの 2 次元スポークモデルとして機能させるためには +1 ビット遅延、-1 ビット遅延、N/2 ビット遅延の 3 つの結合が必要である。その為に、モードロックファイバレーザ共振信号の一部をタップして取り出し、3 分岐した後遅延分岐および結合を適切に動作させる為に、各分岐において光位相変調器、遅延線、減衰器を搭載した。このような構成を検討し、構築を行った。当該年度はその基本的なデータを取得し、要素技術の確立を図った。

2-2 成果

当該年度の成果として、概ね目標を達成したと考えられる。その具体的な内容を以下に示す。

① モードロックファイバレーザの構築

当該年度では、XY マシーンに最適化されたモードロックファイバリングレーザの構築およびその安定化が目標であった。図 1 にモードロックファイバレーザの基本構成図を示

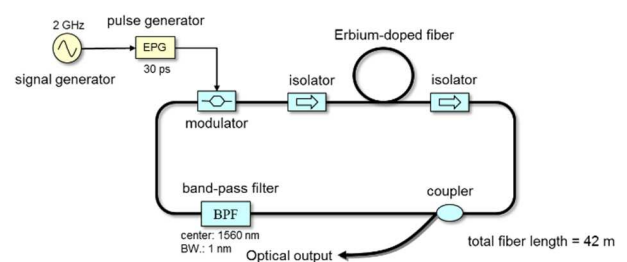


図 1 モードロックファイバレーザの基本構成

す。利得媒質である erbium-doped fiber、反射防止のためのアイソレータ、波長制限のための band-pass filter、共振器長に合わせたパルス駆動するための modulator から構成されている。XY マシン用のモードロックファイバレーザとしての特徴として、パルス間の干渉を避けるために modulator への駆動電気信号としてパルス幅 30ps に圧縮した電気パルス発生器を用いてパルス駆動している。この構成により、パルス幅 12ps の光パルスが安定的に発生できている。ファイバ長 42m、駆動周波数 2GHz より、パルス数としては 420 パルスであった。共振器長の変動に対しては駆動電気信号を共振器長に合わせて可変する Phase-locked loop 回路を作製することにより対応している。

② レーザネットワーク型コヒーレントイジング/XY マシンの機能動作検証

前項で構築したモードロックファイバリングレーザに-1 ビット遅延、+1 ビット遅延、210 ビット遅延を追加し、XY マシンを構築した。構成図を図 2 に示す。この 3 種類の遅延光パルスを共振器内のパルスに結合することにより、XY マシンとして機能する。また共振器内のパルスの孤立度を向上する為に矩形波で駆動する強度変調器を追加した。図 3 の上図に、遅延光パルスを結合していない時の I 波形、Q 波形およびその 2 つの波形から合成されるコンスタレーション波形を示す。結合していない場合のモードロックファイバレーザの光パルスはそれぞれ孤立波として成り立っているため、位相はランダムになる。コンスタレーション波形では円に塗りつぶされており、ランダムであることが示されている。±1 ビットの遅延パルスを結合した場合の波形を図 3 下図に示す。結合した場合は遅延パルスに相関して共振器内の光パルス位相がある位相に固定される。その様子がコンスタレーション波形から見て取れる。

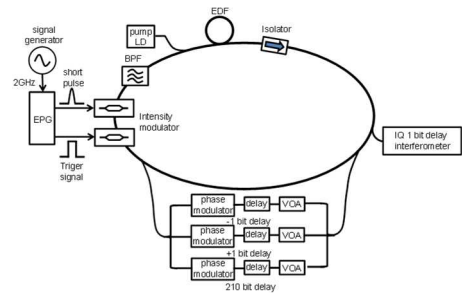


図 2 XY マシンの構成図

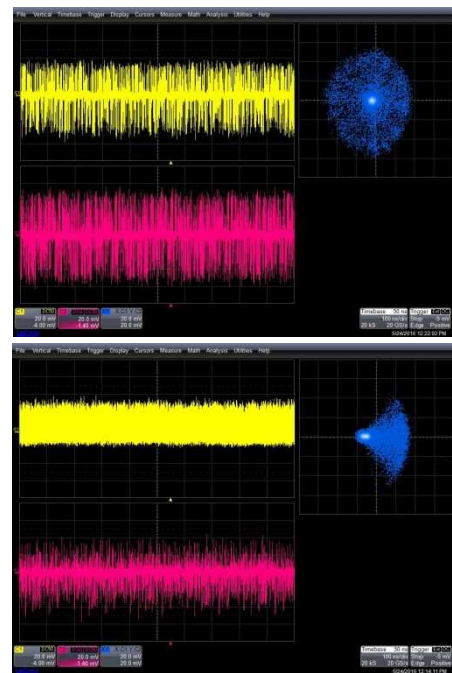


図 3 XY マシンの出力波形
上図：結合無し、下図：結合あり
左側上下の波形：I、Q 波形
右側波形：コンスタレーション波形

2-3 新たな課題など

現状ではXY マシンの最も重要な機能である±1 ビット結合による機能確認しかできていない。N ビット遅延の機能確認をはじめ、共振器内のビット配列の確認、共振器内で生じている物理現象の理解など、コヒーレントイジング/XY マシンとしての実現に向けて研究を続ける必要が有る。

3. アウトリーチ活動報告

特に無し