

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 リム ハン チュエン

本論文は、“Research on Architectures and Devices for Multi-Wavelength Quantum Entanglement Distribution Optical Fiber Network (多波長量子もつれ配送光ファイバネットワークアーキテクチャおよびデバイスに関する研究)”と題し、英文で執筆され、7章からなる。

近年、量子物理と情報理論の融合によって、“量子情報”という新しい研究分野が生まれた。そこでの技術的課題は、“いかに量子情報を記憶し処理するか”および“いかに量子情報を忠実に伝送するか”であり、本研究は後者に関するものである。従来の古典情報の伝送のための光ファイバ通信技術は、20年以上にわたる発展を経て成熟しつつあり、量子情報を現在の光ファイバネットワークで伝送できるかどうかを検討することは重要である。空間を通さずに量子情報を忠実に伝える方法として、“量子テレポーテーション”と呼ばれる手法が発見されたが、この方法を実行するためには、送信者と受信者が予め“量子もつれ”を共有しなければならない。遠く離れている両者が量子もつれを共有するには、光ファイバ伝送路にもつれ配送チャンネルとしての役割を持たせれば良いと考えられる。本論文では、帯域利用効率の高い、多波長量子もつれ配送ローカルエリアネットワークに関して、アーキテクチャおよびデバイス両面から研究を行っている。

第1章は“Introduction”であり、研究の背景と本論文の構成が述べられている。

第2章は“Quantum Information and Its Transfer”と題し、量子情報、量子もつれ、量子テレポーテーションなどの基本原理がまとめられている。

第3章は、“Multi-Wavelength Quantum Network Architecture”と題し、量子もつれ配送のための多波長量子ネットワークアーキテクチャの概念を導入している。広域もつれ配送の場合では、波長多重かつチャンネルマッチングを導入した階層的なアーキテクチャが、最終的なもつれ配送レートを大きく改善することを理論的に示した。また、ローカルエリアネットワークでは、光子波長変換および波長ルーティングデバイスを導入することで、柔軟な量子ネットワーク構成ができることを示した。

第4章は、“Generation and Distribution of Entangled Photon-Pairs”と題し、光ファイバ伝送に適した高品質なもつれ光子対を発生する光源を実現する方法として、パルスポンプによる高品質な通信波長帯偏光もつれ光子対光源を新たに提案している。偏波ダイバーシティファイバループ中に1mmの長さの周期分極反転ニオブ酸リチウム光導波路を挿入することにより、温度制御の要らない光源を実現した。低レート領域では、純度0.94以上、忠実度0.96以上という優れた性能が達成さ

れた。提案した光源は非常に安定で光子対発生レートが可変なので、もつれ配送サービス提供者が動的にネットワーク回線を切り替えながら、多数のユーザの要望に応えるようなローカルエリアネットワークでの使用に適している。

第5章は，“Wavelength-Multiplexed Entanglement Distribution”と題し，光ファイバ伝送路の広帯域性を活用した，波長多重もつれ配送の概念を提案している。実際に，44波長チャンネルの高品質なもつれ光子対を，10kmの光ファイバにわたって配送することに成功している。

第6章は，“Photon Wavelength Conversion”と題し，多波長量子もつれ配送光ファイバネットワークにおける光子波長変換の役割について論じたのち，和周波発生および四光波混合により光子波長変換を実現できることを示している。

第7章は，“Conclusion and Outlook”と題し，本論文の結論と将来展望をまとめている。

以上のように本研究では，量子もつれ配送のための多波長光ファイバネットワークアーキテクチャを提案し，その実現に向けて，分極反転ニオブ酸リチウム光導波路を用いた偏波ダイバーシティ構成の高品質もつれ光子対発生器を開発して，44波長チャンネルのもつれ光子対を光ファイバを用いて10km配送することに成功した。本研究は，将来の量子情報伝送技術の発展に寄与し，電子工学への貢献が多大である。

よって本論文は，博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。