

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	廣澤 賢一
主 論 文 題 目： ファイバ非線形光学を用いた スクイズド光パルス生成に関する研究			
(内容の要旨) 近年盛んに研究されている量子コンピュータや量子情報通信といった技術が実用となるには、量子もつれあい状態の効率的な生成と制御が必要不可欠である。また、光を用いた量子情報処理においては量子もつれあい状態の光を光ファイバにより配送することが必要になる。そこで、光ファイバ非線形光学を用いて生成したスクイズド光から量子もつれあい状態の光を生成し、さらには光ファイバをプラットフォームにした量子情報プロトコルを実現することが理想的となる。 本研究は、広帯域なフェムト秒レーザーパルスが光ファイバを伝搬する際に、周波数モード間に強い量子相関を形成できることに着目し、この効果を積極的に利用することで高い光子数スクイジングと量子非破壊計測が得られることを明らかにした。一方、光ファイバでは guided acoustic wave Brillouin scattering (GAWBS) と呼ばれる位相ノイズや Raman 散乱による雑音が存在する。これらはスクイズド光を得るための障害となり、仮にスクイジングが得られても純粋度を著しく低下させてしまう。とくに、位相ノイズに弱い直交位相スクイズド光は GAWBS の削減なしにはその発生は困難である。そこで、光ファイバを用いて純粋度の高い直交位相スクイジングを得るために post-selection 法をスクイズド光に適用することを新たに提案し、実験においてその有効性を確かめた。 第1章では、量子情報処理技術のためにどのような量子論的光の状態が必要とされているかを概観し、スクイズド光の研究動向を分析して課題を明らかにし、本研究の目的を述べた。 第2章では、量子情報処理の分野における量子光学に関する基本的な理論について自ら整理し記述した。 第3章では、GAWBS の影響を比較的受けにくい光子数スクイジングについての実験研究の結果を述べた。非線形性の強い photonic crystal fiber (PCF) を伝搬した波長 800 nm のフェムト秒レーザーパルスをとスペクトルフィルタリングすることで -4.6dB の光子数スクイジングが得られた。数値モデルから、ソリトン伝搬する長波長側の成分を取り出すことで高いスクイジングが得られることを示した。また、広帯域化した光パルスの周波数モード間の相関を計算し、光パルスが PCF 中で広帯域化する過程で複雑な量子相関が発生し、長波長側のソリトン様の成分が多くの他の周波数成分との間で強い光子数量子相関が形成されることを示した。 第4章では、ファイバ伝搬中のフェムト秒パルスにおいては、長波長側の成分と短波長側の成分が時間的に重なり合って長距離にわたり安定的に伝搬することに注目し、光ファイバのゼロ分散波長をまたいだ二つの波長のパルスを光ファイバに入射したときに生じる光子数相関を数値的に解析した。その結果、二つのパルス周波数成分が重なり合う場合はスクイズド光が得られ、離れている場合はパルス間に強い光子数相関が生じ量子非破壊測定効果を実現できることを示した。 第5章では、光ファイバ非線形光学を用いた直交位相スクイズド光発生実験の結果を述べた。Sagnac ファイバ干渉計と波長 1.55 μm のパルスレーザーを用いて直交位相スクイズド光発生を試み、光ファイバを冷却して GAWBS を抑制することで、-0.7dB のスクイジングが得られ、位相ノイズが 3dB 低減することを示した。 第6章では、5章で得られた直交位相スクイズド光の純粋度を改善するために、時間域のホモダイン計測を用いた post-selection 法による純粋化手法を提案し、実際にスクイズド光の純粋度が大きく向上することを示した。また、理論解析ともよい一致が得られることを示した。 第7章では、各章で得られた結果をまとめ、本研究の成果を要約した。			
以上			