

平成25年度「遠隔ノード間での量子もつれ純粋化技術」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

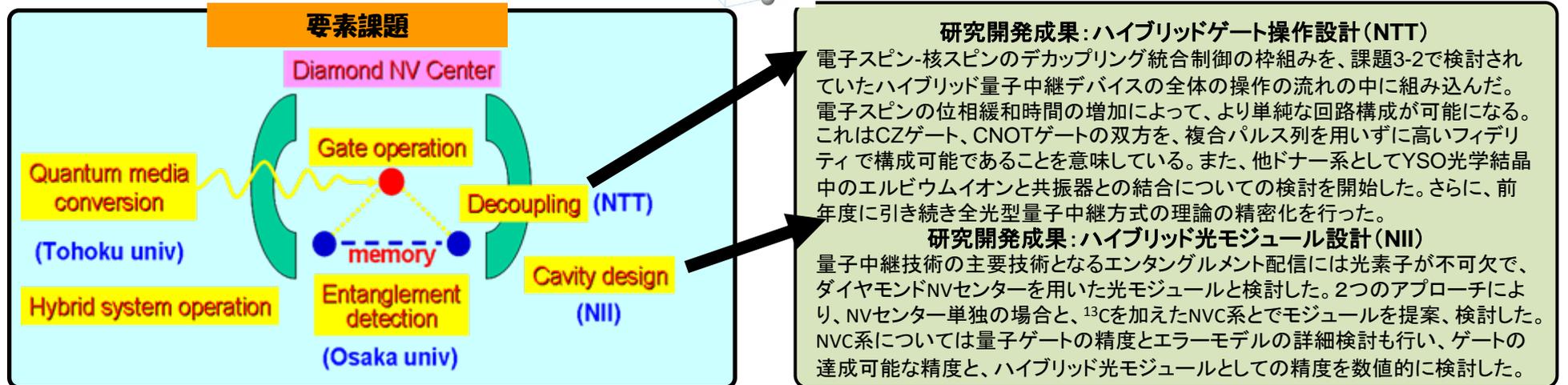
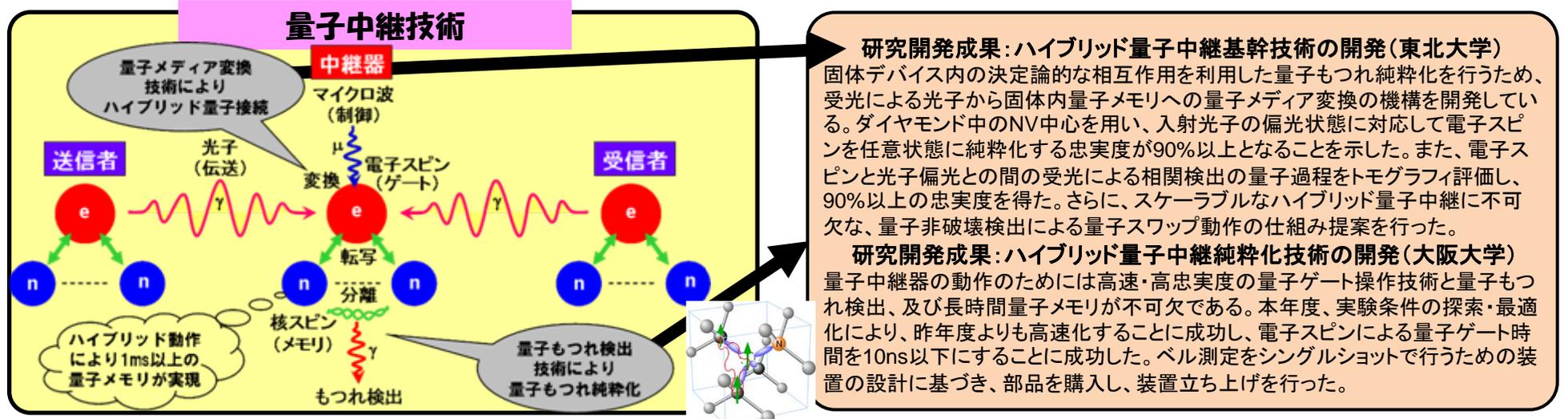
1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 東北大学（幹事者）、大阪大学、日本電信電話株式会社、情報・システム研究機構
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度（5年間）
- ◆研究開発費 総額200百万円（平成25年度 40百万円）

2. 研究開発の目標

広域量子通信ネットワークの中核となる量子中継システムの構成に必要な、遠隔ノード間での量子もつれの全量子的な純粋化を行うため、量子メディア変換の技術を核としてハイブリッド構成の量子中継システムを構築するための基盤技術を確立する。

3. 研究開発の成果



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
遠隔ノード間での量子もつれ純粋化技術研究開発	0 (0)	0 (0)	15 (8)	90 (51)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

5. 研究成果発表等について

(1) 産学官連携と学際的研究を加速・推進のため、連携によるシンポジウム、研究会を企画・運営

産学官連携と学際的研究を加速・推進のため、連携によるシンポジウム、研究会を企画・運営

①第74回応用物理学会秋季学術講演会 分科企画シンポジウム「量子情報デバイスとその周辺」

日時:2013年9月17日

場所:同志社大学京田辺キャンパス

主催:応用物理学会新領域グループ「量子情報研究」

②「Interdisciplinary Workshop on Quantum Device2014--towards operation of the quantum information and the quantum computer-」

日時:2014年3月26日～27日

場所:国立情報学研究所

共済:国立情報学研究所、岡山大学、文部科学省、応用物理学会新領域グループ「量子情報研究」

(2) 国際○○○○会議を開催(共催:△ △ △、□ □ □)

6. 今後の研究開発計画

・課題イ-1 ハイブリッド量子中継基幹技術の開発(東北大学)

・課題イ-1-1...量子トモグラフィ技術

下記課題イ-1-2の評価手法として、光子から核スピンへの量子メディア変換の量子過程を量子トモグラフィ評価するための基盤技術としてこれまでに開発してきた、受光による電子スピンと光子偏光の量子もつれ検出の忠実度を、現在の90%から100%に近づける。

・課題イ-1-2...量子メディア変換技術

光子から電子スピンを介した核スピンへの量子メディア変換技術を確立する。この際、光子検出を用いたポストセレクションにより、量子メディア変換が成功した事象だけを抽出する仕組みを内蔵する。ポストセレクションによる成功条件下の量子メディア変換の忠実度を90%以上とする。

・課題イ-1-3...複合システム動作技術

課題イ-2とも協力して、量子メディア変換、量子ゲート、量子メモリを組み合わせたハイブリッド動作の実証実験を行う。量子中継の基本機構となる量子スワップ動作の実証とともにスケールアップの際に問題となる量子非破壊検出などの課題を克服し、量子もつれの生成レート1kHz以上の可能性を検証する。

6. 今後の研究開発計画（つづき）

・課題イ-2 ハイブリッド量子中継純粋化技術の開発(大阪大学)

・課題イ-2-1...量子ゲート操作技術

電子スピンによる高速・高忠実度の量子ゲート操作技術を確立。量子メモリの寿命時間内に10万回程度のゲート操作を可能とする。 T_2 の長いNV中心において、今後はまず、5万回以上相当するゲート操作を実証する。

・課題イ-2-2...量子もつれ検出技術

核スピン量子メモリ間の高忠実度の量子もつれ相関検出技術を確立。完全ベル測定をシングルショットで行い、90%以上の忠実度を実現する。実験条件の最適化を継続して行き、今後はまず、忠実度が80%以上になることを目指す。

・課題イ-2-3...量子メモリ分離技術

核スピンによる長寿命の量子メモリ実現。電子スピンのゲート操作によって劣化のないデカップリング技術を確立し、1ms以上の量子メモリ時間(T_2)を実現する。今後は任意波形発生器等を導入し、実証実験に向けて必要設備を整えて実験を開始できるようにし、各手法の評価を行う。

・課題イ-3 ハイブリッド量子中継デバイス設計技術の開発

・課題イ-3-1...ハイブリッドゲート操作設計（NTT）

光とのインターフェースを考慮したゲート最適化設計: 平成26年度以降は、国立情報学研究所の課題イ3-2と連携して、ダイヤモンド中のNV中心を光学的なインターフェースとして用いることまでを想定して、電子スピンと核スピンの結合系の最適な設計方法を検討する。物理系として、具体的にはNV中心とNVC中心を考察の対象とする。明らかにすべき項目は、例えば磁場および電場の最適な値とそれらの操作シーケンス(静磁場、変動電磁場)である。実験結果の解釈や理論的な提言を通して実験研究にも参画する予定である。

全光型量子中継方式を考慮したゲート最適化設計: 全光型量子中継方式[K. Azuma, K. Tamaki, and H.-K. Lo, arXiv:1309.7207]自体は光子だけに基づくが、それを物質量子メモリを用いて実現することも可能であり、その場合には、量子メモリに対する要請が大幅に緩和されることが期待される。そこで、このような量子中継方式の可能性を探り、結果として量子メモリに要請される機能や数値目標を具体化する。

・課題イ-3-2...ハイブリッド光モジュール設計（NII）

モジュール設計: スケーラビリティと集積性を保証するよう、制御系等も統合してモジュール化した光デバイスの設計を行う。光と物質の間の相互作用の効率と精度について、キャビティを用いない場合とも比較して、デバイスの性能を分析する。

システム性能評価: 課題アと連携し、量子鍵配送を目的とした中継システムに必要な誤りレート等のシステム・パラメータを物理パラメータに変換して目標値を明らかにする。