

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 量子相関光子ビームナノ加工

2. 研究代表者: 三澤 弘明 (北海道大学電子科学研究所 教授)

3. 研究概要

従来のフォトリソグラフィーが有する高いスループットを活かし、かつ光の回折による制約を受けないナノ加工技術の開発が望まれている。本研究チームは新しい光物理現象である「量子相関を有するもつれ合い光子」を用い、回折限界をはるかに超える高い加工分解能を実現する多光子ナノ加工技術の開発を目的としている。これまで、もつれ合い光子の発生を確認し、加工に必要なビーム量に高めるための研究や、材料、反応場からのアプローチも進め、もつれ合い光子による世界初のナノ加工の実証への基盤作りに成功している。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究チームは北海道大学、徳島大学、松下電工、産総研の研究者により、もつれ合い多光子励起プロセスによるナノ加工技術の開発、もつれ合い多光子ビーム発生光源開発、量子相関光子ビーム加工に反応性の良い材料の開発により、光の回折限界を超えたりソグラフィー実現に向けた研究が推進されている。前半の研究進捗は、ほぼ計画通りといえる。もつれ合い光ビームの発生確認と総合技術としてのナノ加工のための必要と考えられる各要素の準備を終えた状況にある。今後これらの組み合わせで新しい 3 次元リソグラフィーとしてのナノ加工のプレリミナリーなデモンストレーションを重ねることで、量子リソグラフィーの工学的位置づけを明示できるであろう。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

もつれ合い光子ビーム源開発では、信号光とアイドラー光の空間モードを一致させる工夫により量子もつれ合い光子対を確保、Z-スキャン法適用による 2 光子吸収材料の開発加速、増強反応場の検討では表面プラズモン利用の有効性を見出す等の成果に加えて、多光子多光束干渉を用いた三次元フォトニック結晶の作製にも成功するなど科学的・技術的なインパクトは比較的高い。今後はナノ加工に向けて夫々の要素を磨き上げ、プロセス最適化を図れば、量子もつれ合い光子の相関測定等で従来行われている電気的手段ではなく、光反応プロセスを介したイメージングにより量子もつれ合い光子の相関確認が可能になり、新たな展開も期待できる。

4 - 3. 今後の研究に向けて

量子通信や量子コンピュータを実現する上で重要であると位置づけられている量子もつれ合い光子

の研究は、活発化している。その中であって、本提案は光の回折限界を凌駕したナノ加工の世界を拓こうとするもので希少な挑戦である。もつれ合い光子の増幅機構、もつれ合いを安定に保持する光学系や多光子吸収に適した反応や材料設計合成等難度の高い課題ではあるが、量子リソグラフィーの可能性を示すデモンストレーションに特化して進めることで十分成果が期待できる。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

安心安全の高度化という社会的要望にひとつの解を与える量子通信や、大量の情報をグローバルに流通させる光ネットワークに展開可能な基盤技術の創出につながる提案である。シリコンテクノロジーにおける先端のリソグラフィーでの短波長光源が2次元リソグラフィーであるのに対して、3次元加工の分解能を高めていく本研究は差別化のドメインを有しており、研究のゴールに至るまでの過程で得られる副産物的知見も加えて次世代光デバイスナノ加工技術への応用に貢献しうるものである。

4 - 5 . 総合的評価

量子もつれ合い光子ビームを、ナノ加工に応用することを目指している唯一のグループである。前半の実験と理論解析により、最適解を与える光学系、材料、反応増強場などのシステムアップの方向と課題が明らかにされた。後半は、もつれ合い光子の品質を向上させ多光子多光束干渉法でのナノ加工を超える3次元ナノリソグラフィーとしての光ナノ加工が実現されることを期待する。