



TITLE:

Study on broadband quantum infrared spectroscopy using visible-infrared photon pair sources in the mid-infrared region(Digest_要約)

AUTHOR(S):

Arahata, Masaya

CITATION:

Arahata, Masaya. Study on broadband quantum infrared spectroscopy using visible-infrared photon pair sources in the mid-infrared region. 京都大学, 2023, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2023-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k24621>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

京都大学	博士（工学）	氏名	荒畑 雅也
論文題目	Study on broadband quantum infrared spectroscopy using visible-infrared photon pair sources in the mid-infrared region（可視-赤外域光子対源を用いた中赤外域における広帯域量子赤外分光に関する研究）		
<p>本論文は、光子を用いた量子技術において重要な、可視-赤外域光子対源を用いた中赤外域における広帯域量子赤外分光に関する研究を行ったものであり、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論である。量子論、量子もつれ、および光量子技術の展開や、量子赤外分光などの研究状況について概説したのち、当該分野における本研究の位置付けと目的を明らかにしている。</p> <p>第2章では、本論文に関連する基本的な知識として、非線形光学結晶からの光子対生成について説明した後、擬似位相整合(QPM)とその原理、チャープ QPM 素子、さらにリッジ導波路型 QPM 素子による量子もつれ光子対生成について、主に理論的な説明を行っている。</p> <p>第3章では、本研究の主題である、量子赤外分光に関する理論を説明している。まず、量子非線形干渉計のこれまでに行われてきた研究の概説や原理の説明を行っている。その後、量子赤外分光について、申請者も貢献した成果である、フーリエ変換型量子赤外分光(QFTIR)の理論的な取り扱いを説明している。</p> <p>第4章では、波長可変な可視-赤外域量子もつれ光源の実現について述べている。まず結晶回転によるパラメトリック下方変換光子対の波長制御を提案、可視分光器を用いて、結晶角度を回転させながら可視のシグナル光子のスペクトルを取得、波長 600 nm から 965 nm までの変化を確認している。次に、赤外のアイドラ光子について、超伝導光子検出器および InSb 検出器を用いた評価を実施、赤外域での発生を確認すると共に、光子対生成率がポンプ光強度 1mW あたり、毎秒 10 の 5 乗程度であることを実証している。</p> <p>第5章では、第4章で実現した量子もつれ光源を利用した、量子赤外分光の実現について述べている。まず、その装置の概要について説明したあと、短い区間反射鏡を掃引することで、量子干渉縞の明瞭度を取得するコーススキャン法を提案している。その後、発案したコーススキャン法を用いて、中赤外域の広帯域をカバーする、1.9 μm から 5.2 μm の領域での、熔融石英サンプルの透過スペクトルを、240 秒で取得したことを報告している。さらに、QFTIR 法による高分解能なスペクトルの取得にも成功している。</p> <p>第6章では、高効率光子対生成が期待されるリッジ導波路型 QPM 素子を利用した可視-赤外量子もつれ光子対源について報告している。まず、リッジ導波路 QPM 素子の構造や組成について説明している。その後、チャープされていないリッジ導波路 QPM 素子に 1064 nm のパルスレーザー光を入射し、その2次高調波を観測、バルク型 QPM 素子の 500 倍の変換効率を観測している。次に、532 nm の連続レーザー光で励起、導波路型 QPM 素子からの光子対生成効率が、同種のバルク型素子に対して 600 倍大きい値を得たことを報告している。さらに、導波路型チャープ QPM 素子からの広帯域もつれ光子対生成の観測にも成功している。</p> <p>第7章では、本論文の成果をまとめ、今後の課題と展望について論じている。</p>			