

京都大学大学院 工学研究科 附属桂インテックセンター

量子もつれ光子対を利用した光量子センシング技術の研究

プロジェクト代表: 竹内 繁樹 (電子工学専攻)

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

研究期間: 2023年度 ~ 2027年度

研究概要

本プロジェクトでは、量子もつれ光や量子干渉を利用した、新たなセンシングテクノロジーを開拓します。具体的には、**可視域の光源と検出器のみで中赤外から遠赤外領域での高感度吸収計測を可能にする、「量子赤外分光」の実現に向けた研究をおこないます。**また、高効率な広帯域量子もつれ光を実現して、高分解能量子光断層撮影やもつれ2光子吸収の研究を行います。

今年度の研究成果まとめ

1. 量子全反射吸収 (ATR: Attenuated Total Reflection) 法による不均一形状試料測定の実証

プリズム界面の赤外近接場を用いた量子ATR法による固体試料の測定に成功。従来の透過型量子赤外分光では測定が難しい不均一形状試料(ポリエチレンフィルム)においても、位相波面の歪を抑制し、明瞭な量子干渉信号を計測。中赤外域の吸収スペクトル測定に成功。

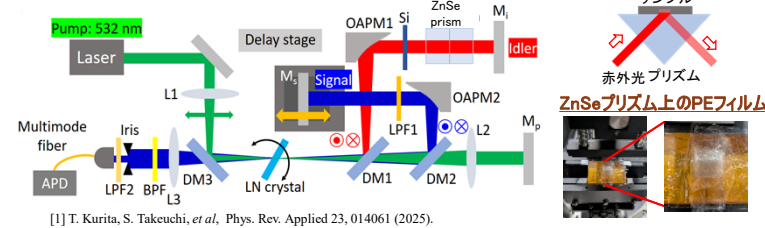
2. 量子赤外分光の高速化に向けた測定系の改善

高強度励起光源を導入、もつれ光子対発生レートの増強により、単位測定時間当たりのSNRが約2倍向上。測定条件の最適化と合わせて、赤外吸収スペクトルの取得時間の大幅な短縮に成功。

令和7年度の研究活動及び主な成果

1. 量子ATRによる不均一形状試料の測定

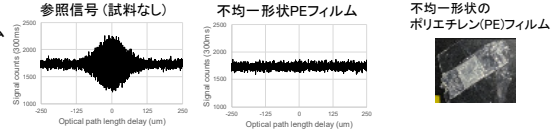
量子ATRシステム[1]



[1] T. Kurita, S. Takeuchi, *et al.*, Phys. Rev. Applied 23, 014061 (2025).

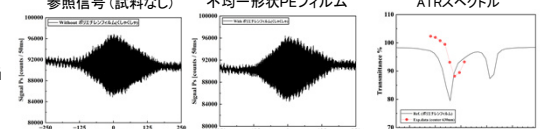
透過型QIRSによる測定

測定試料: (市販)ポリエチレンフィルム
従来の透過型QIRSでは透明領域(3.75μm帯)でも干渉明瞭度が低下



量子ATR法による測定

位相波面歪・散乱による干渉明瞭度劣化を抑制
ポリエチレンの吸収に相当する透過率タイプを確認



ATR-QIRSが不均一固体試料の測定に適用可能であることを実証

組織構成

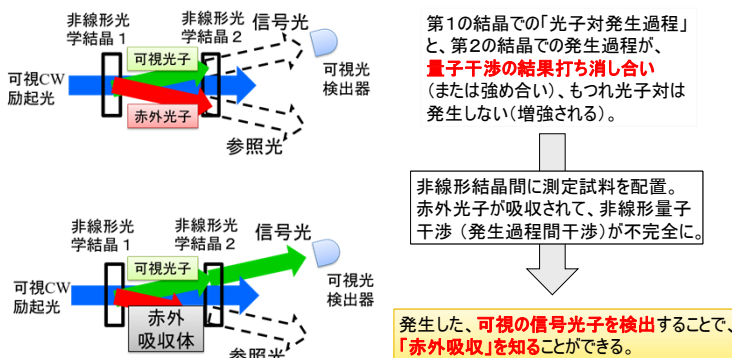


プロジェクトリーダー
京都大学工学研究科
教授 竹内 繁樹

主要構成員

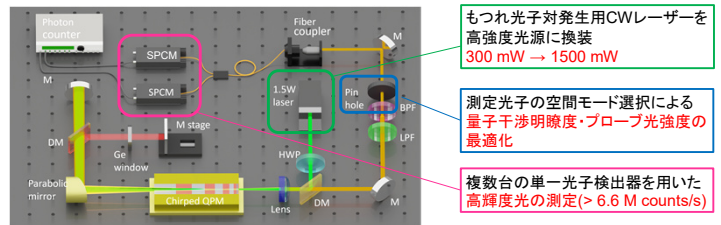
准教授 岡本 亮
助教 向井 佑
特定研究員 田嶋 俊之
特定研究員 阿部 尚文

量子赤外分光 (QIRS) 測定の実証



2. 量子赤外分光システムの最適化

高速化に向け改善した量子赤外分光システム



もつれ光子対発生用CWレーザーを高強度光源に換装
300 mW → 1500 mW
測定光子の空間モード選択による量子干渉明瞭度・プローブ光強度の最適化
複数台の単一光子検出器を用いた高輝度光の測定 (> 6.6 M counts/s)

量子測定分光に用いるもつれ光子数を増加 → 従来システムに比べ同測定条件でのSNRが約2倍向上
スループット、分解能、測定時間等の最適化により、赤外吸収スペクトルの取得時間を大幅に短縮可能に

量子赤外分光の高速化に向けた設計指針を確立

外部資金獲得状況

文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP) 量子計測・センシング / 基礎基盤研究「量子もつれ光子対を利用した量子計測デバイスの研究」2018-2027年度

竹内 繁樹

京都大学大学院工学研究科 電子工学専攻 教授

E-mail: takeuchi@kuee.kyoto-u.ac.jp

〒615-8530 京都市西京区京都大学桂
TEL: 075-383-2286 FAX: 075-383-2290
HP: <http://qip.kuee.kyoto-u.ac.jp/>