

波数空間の電磁界解析による分散性媒質の単一反射光特定

Identification of a Singly Reflected Light for Dispersive Media Using Electromagnetic Analysis in Wavenumber Space

○杉本大河¹, 岸本誠也², 井上修一郎³, 大貫進一郎²*Taiga Sugimoto¹, Seiya Kishimoto², Shuichiro Inoue³, Shiniciro Ohnuki²

Abstract: An imaging method has been proposed in which a biological sample is irradiated with femtosecond optical pulses and time-resolved measurements are performed. We aim to achieve a high signal-to-noise ratio by using a quantum pulse gate for the measurement. However, it is necessary to identify a singly reflected light in a simulation to use a quantum pulse gate. In this report, we investigate the conditions under which a singly reflected light identification method we have developed so far can be applied.

生体試料の断層画像を作成する際、フェムト秒光パルスを照射し各層から1回反射された光パルスを時間分解測定する方法^[1]が提案されている。著者らは時間分解測定に量子パルスゲート(QPG: Quantum Pulse Gate)を用いることで高S/N比の実現を目指している。QPGを用いるためには、生体試料の各層から1回反射された信号光の波形情報を事前に知る必要がある。

これまでに著者らは、FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法と2次元フーリエ変換を用いた信号光特定法の開発し、その適用可能な条件を明らかにするため、非分散媒質における層の厚さと屈折率の関係について検討^[2]を行った。しかし、生体試料として扱うマウス脳に多く含まれる水や油は周波数分散特性を持ち、使用するフェムト秒パルスは広帯域信号であるため分散の影響を考慮する必要がある。本報告では、分散性媒質を含んだ解析モデルにおいて信号光特定法が適用可能な条件について検討を行う。

解析モデルを図1に示す。このモデルは分散性媒質を中央に置き、屈折率1の媒質で挟んだ3層モデルである。分散性媒質中の電磁界を求めるためにFDTD法に補助微分方程式(ADE: Auxiliary Differential Equation)を追加したADE-FDTD法を用いる。分散性媒質の厚さ l を変化させ、入射波面の中心に配置した観測点で得られた反射波の時間応答波形を比較する。これにより、分散性媒質の厚さと周波数分散特性の関係を明らかにし、信号光特定法が適用可能な条件を検証する。

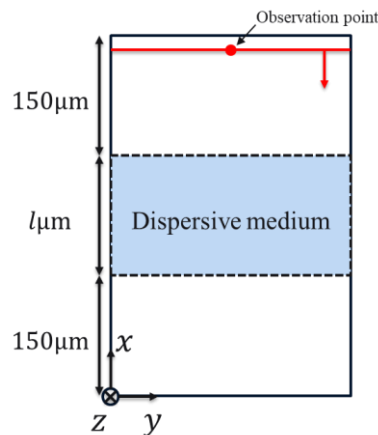


Figure1. 本報告で使用した分散性媒質を含む3層モデル

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP23K03961, JP21K17753 及び JP25K15151 の援助を受けて行われた。

参考文献

[1] N. Namekata, N. Kobayashi, K. Nomura, T. Sako, N. Takata, S. Inoue : “Quantum optical tomography based on time-resolved and mode-selective single-photon detection by femtosecond up-conversion”, scientific reports, Vol. 13, pp. 21080-1-21080-13, 2023

[2] T. Sugimoto, S. Kishimoto, S. Inoue, S. Ohnuki : “Verification of Identifying Singly Reflected Light Using ADE-FDTD Method and Two-Dimensional Fourier Transform”, URSI Asia-Pacific Radio Science Conference, Aug. 2025.

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 日大理工・教員・量子