

時分割ノイズキャンセル法とノイズ相関オートバランス法による スーパーコンティニウムプローブ光を用いた誘導ラマンイメージング

Stimulated Raman Imaging employing Supercontinuum Probe Light with Time-division Noise Cancelling and Noise Correlation Auto-balancing

東理大¹, 電通大² °瀬戸 啓介¹, 小林 孝嘉², 徳永 英司¹

Tokyo Univ. Sci.¹, Univ. Electro-Commun.², °Keisuke Seto¹, Takayoshi Kobayashi², Eiji Tokunaga¹

E-mail: seto@rs.tus.ac.jp

分子振動に基づく高速な化学イメージングの手法として、誘導ラマン (SRS) イメージング法が知られている。SRS 法は、ポンプ光とストークス光と呼ばれる、波数が異なる複数のパルス光を用い、いずれかをポンプ光 (Pu) かプローブ光 (Pr) とするポンプ・プローブ法の一つである。これらパルス光の波数差が分子振動の波数と共鳴した時に分子振動が検出されるため、定性分析に必要なスペクトル取得のためには、広帯域なパルスレーザーが求められる。また、典型的なプローブ光強度変化率は、 10^{-5} - 10^{-3} のため、

Pr のノイズが信号雑音比 (S/N) を支配する。すなわち SRS 法は、異なる波数の Pu と Pr のパルスタイミングが同期していること、Pr が低ノイズであること、Pu か Pr が広帯域なパルスレーザーであることを必要とする。この要請が SRS 法を高コストで複雑な手法とし、SRS 法のコモディティ化を阻むボトルネックとなっている。

容易かつ低コストに広帯域パルス光を得る手法として、フォトニック結晶ファイバー (PCF) によるスーパーコンティニウム (SC) 光の生成が知られている。この種の SC 光はスペクトルパワー密度が小さく、ノイズが無ければ Pu よりも Pr として用いる方が有利であるが、実際はノイズが大きく、そのままでは実用に耐えない。そこで我々は SC 光を分割した参照光 (Rf) に対して遅延を与え、Pr と同一の光路とし、分光・検出後に時刻で Pr パルスと Rf パルスを弁別し、Pr ノイズから Rf ノイズを減算する、時分割ノイズキャンセル法を開発した (Fig. 1) [1]。

減算時に Pr・Rf 信号強度比が等しいときにノイズが最大限打ち消されるが、イメージングでは試料透過で光強度比が動的に変化する。この強度比変化の従来の補償法では減算後の DC 成分を強度比の誤差信号として Pr 信号強度を制御する。しかし、時分割ノイズキャンセル法での Pr と Rf を弁別するダイオードスイッチには不安定な DC オフセットがあるため、従来法では十分な特性を得るのが難しい。そこで我々は減算後のノイズそのものを強度比の誤差信号とするノイズ相関オートバランス法を開発した[2]。Figure 2 に特性を示す。本講演はこの方法を SRS イメージングに適用した例を示す予定である。[1] K. Seto et. al. *J. Phys. Commun.* **4**(12) (2020) 125009. [2] 瀬戸ら、第 68 回応用物理学会春季学術講演会、23a-P01-2 (2021 年 9 月)。

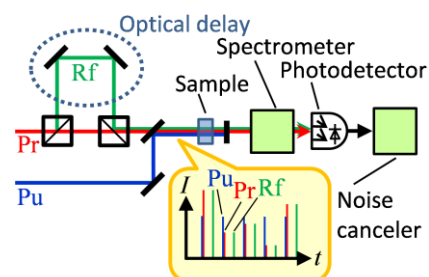


Fig 1. Optics for time division noise cancellation. Pr, Rf: White probe and reference pulse beams, Pu: pump beam.

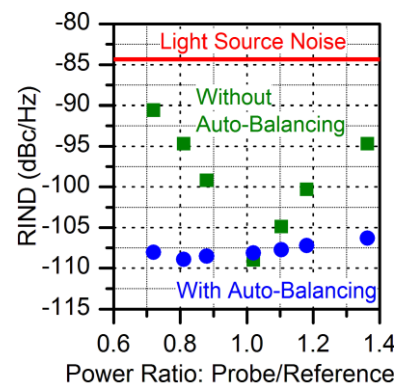


Fig 2. Present auto-balancing results. RIND: Relative intensity