大面積散乱光検出のためのエタンデュ低減システムの提案

Proposal of etendue reduction system for large area scattered light detection

富山大理工 [1]，○(M1)西田 翔吾 [1]，大嶋 佑介 [1]，片桐 崇史 [1]

Graduate School of Science and Engineering, Univ.Toyama [1],

°Shogo Nishida[1], Yusuke Oshima[1], Takashi Katagiri[1]

E-mail: katagiri@eng.u-toyama.ac.jp

1. はじめに

ラマン分光法は非接触かつ無染色で生体組織や細胞から分子レベルの情報を取得可能であることから，医療分野において，その場組織診断への応用が期待されている．ラマンスペクトルの測定には，通常，微弱光計測のために特別に設計された分光器と冷却機能を有する高感度イメージセンサが組み合わされて用いられる．測定系全体の明るさは分光器の入射スリット幅と F 値により制限され，ノイズ低減のために長時間露光が必要である．

ラマン散乱光強度は励起光強度に比例することから，高出力レーザ光の利用により露光時間の短縮が期待できる．一方，人体に照射できる光強度は最大許容露光量（Maximum Permissible Exposure: MPE）以下としなければならない．MPE は単位面積当たりの最大露光量を規定しているため，露光面積を拡大するほど高強度な励起レーザ光を投入できるが，分光器のエタンデュを超える散乱光は分光器に入らないため，検出が困難とされていた．

本研究では，高繰り返しパルスレーザを励起光源として遅延光学系とスキャナを用いた光結合により，見た目上エタンデュを低減することが可能であることを示す．

2. システムの概要

Fig. 1 に提案するシステムの概要を示す．パルスレーザ光により励起され，面積 S から立体角 Ω で放出された散乱光は，複数の光ファイバに分割して収集される．ファイバ長により異なる遅延を与えた後，スキャナにより 1 本の光ファイバに結合される．Fig. 2 に結合部の光学系を示す．遅延ラインからの出射光は対物レンズ，結像レンズ，走査レンズから成るテレセントリック光学系を介し，レゾナントスキャナにより 1 本の光ファイバに集光される．

3. シミュレーション

Fig. 3 は， Fig. 2 の光学系において，対物レンズ，結像レンズ，走査レンズの焦点距離をそれぞれ 20 mm，100 mm, 50 mm としたときの，遅延ファイバの本数に対する信号の増幅率の計算結果である．ここで，波長 1064 nm と 800 nm について検討し，ファイバの損失はそれぞれ 0.80 dB/km と 2.75 dB/km とした．遅延に必要なファイバ長はスキャナの周波数に依存する．周波数 400 Hz の通常のガルバノスキャナを用いた場合，遅延に必要なファイバ長は 20 km に達し，現実的ではない．一方，共振周波数 12 kHz のレゾナントスキャナでは，十分な増幅率を得られる見込みを得た．

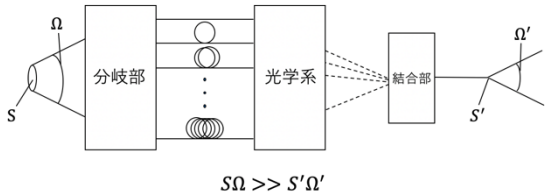

Fig. 1 Schematic of etendue reduction system

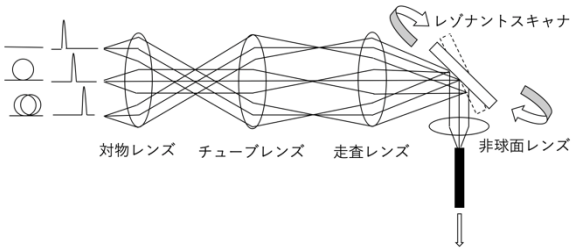

Fig. 2 Schematic of coupling optics

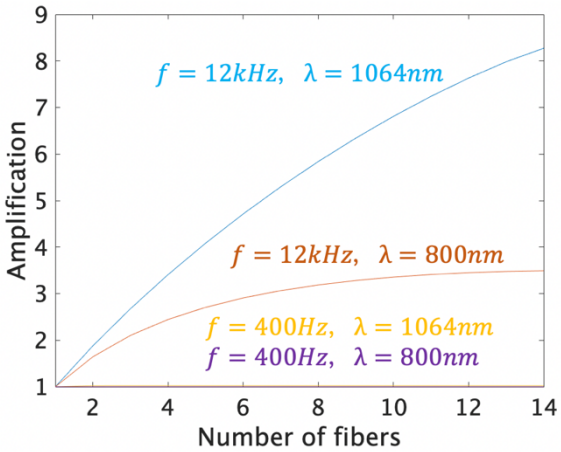

Fig. 3 Amplification rate