

可変 FSR ブリルアン散乱分光計の開発

Development of a Brillouin spectrometer with variable FSR

阪大生命¹, 阪大院工², 産総研・阪大 先端フォトバイオ³

○石飛 秀和^{1,2,3}, 澤 敦史², 井上 康志^{1,2,3}

Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka Univ.¹, Dept. of Applied Physics, Osaka Univ.²,

PhotoBIO-OIL, AIST-Osaka Univ.³

○Hidekazu Ishitobi^{1,2,3}, Atsushi Sawa¹, and Yasushi Inouye^{1,2,3}

E-mail: ishitobi@ap.eng.osaka-u.ac.jp

物質の粘弾性を光によって無侵襲で測定する方法としてブリルアン散乱分光法が研究されている。分光素子として、Virtually Imaged Phased Array (VIPA) と呼ばれる両面で反射率の異なるエタロンが用いられる[1-2]。VIPA を用いたブリルアン散乱分光法は、その光学系のスループットの高さから、試料に照射する光のパワーを抑えることができる。よって試料へのダメージを低減できるため、生体試料への応用研究が盛んに行われている。

これまで用いられてきた VIPA は Solid エタロンであるので、自由スペクトル領域(Free Spectral Range: FSR)が固定されてしまう。FSR は反射面間距離に依存しており、合成石英などの透明基板 1 枚から成る Solid VIPA では反射面間距離が固定である。よって VIPA 固有の FSR 以上のブリルアンシフト量を測定することは不可能である。よく用いられる VIPA の厚さは約 3.3 mm であり、その FSR は 30 GHz である。例えば、タンパク質の振動数は 30 GHz~150 GHz と高いため[3]、測定することができない。FSR を大きくするためには VIPA を薄くする必要があるが、両面で異なる光学コーティングが必要な Solid エタロンでは基板が反ってしまい、互いの反射面を平行に保つことができない。また細胞など周波数シフト量が小さいサンプルを測定する場合、周波数分解能を高める必要があるが、Solid エタロンでは FSR が固定されるため、高めることができない。よって、観察したい試料に合わせて FSR を変えることができるブリルアン散乱分光計が必要となる。

本研究では、独立した 2 枚の Solid エタロンを平行に配置することで、素子間距離が可変で FSR をコントロールすることが可能なエアギャップ VIPA を新たに設計し、その分光特性と安定性を評価した。図 1 は素子間距離を 2.7、8.5、16.0 mm と変化させた場合の水のブリルアンスペクトルである。機知である水のシフト量から FSR を算出した結果、それぞれ 55.5、17.6、9.4 GHz となることが分かった。つまり 9.4 から 55.5 GHz まで FSR を変動させることに成功した。また Solid VIPA と比較して、同程度の S/N 比を得ることに成功した。さらに、少なくとも 3 時間はブリルアン散乱光を安定的に測定することができた。

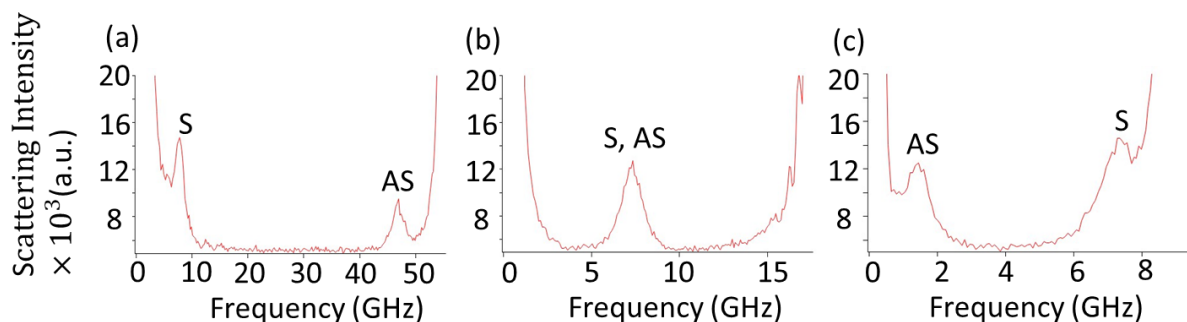


Fig.1 Brillouin scattering spectra of water measured at different distances between solid etalons ((a): 2.7 mm, (b): 8.5 mm, (c): 16.0 mm). S: Stokes, AS: Anti-Stokes.

[1] G. Scarcelli et al., Nat. Photonics **2**, 39-43 (2008).

[2] 坂上 大貴 他、第 65 回応用物理学会春季学術講演会 (2018 年 3 月) [19a-C303-1].; 吉田 智也 他、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019 年 9 月) [20p-E205-4].

[3] T. D. Wolf et al., Phys. Rev. Lett. **117**, 138101 (2016)