

量子増強誘導ラマン散乱顕微法のための2周波数光検出回路

Dual-frequency photodetection circuit for quantum-enhanced stimulated Raman scattering microscopy

東大院工 ○(M2)宮脇優, 小口研一, 徐自聡, 小関泰之

Univ. of Tokyo, °Yu Miyawaki, Kenichi Oguchi, Zicong Xu, Yasuyuki Ozeki

E-mail: miyawaki@ginjo.t.u-tokyo.ac.jp

誘導ラマン散乱(SRS)顕微法は分子振動を検出することで像を取得するイメージング法であり、無標識イメージング、代謝イメージング、超多色イメージング等の応用が注目されている[1-3]。SRS 顕微法の感度は光の量子性と強度により定まる制限の標準量子限界に達しており、更なる高感度化を行うために非古典的な光を用いた量子増強 SRS 顕微法が報告された[4,5]。我々は高感度化に有利な量子増強バランス検出法に基づく SRS 顕微法[6]の開発を進めており、そこでは低雑音かつ飽和強度の高いバランス検出器が必要である。また、SRS 信号だけでなく光位同期用の制御信号も取得するため、2 周波数の信号を別々に出力する必要がある。今回、これらの要求条件を満たす光検出器を開発したので報告する。

Fig. 1 に開発した検出器の回路図を示す。帯域通過フィルタ(BPF)、帯域阻止フィルタ(BEF)と増幅器で構成され、76 MHz のパルス信号を除去し 38 MHz, 150 kHz の変調成分を取得する。作製した回路の周波数応答と、片方のフォトダイオードに光を入力した際の雑音特性をそれぞれ Fig. 2(a)および(b),(c)に示す。周波数応答はシミュレーションと概ね一致した。雑音特性では 12 mW 程度の入力まで線形に増加しそれ以上の入力では減少に転ずることから、12~15 mW 程度の光パルス入力に対し回路が飽和していると考えられる。

また、本検出器を用いてスクイズド真空場の検出を行ったところ、図 3 に示すように 2.38 dB のスクイーミングレベルを確認した。詳細は講演で報告する。

謝辞 本研究は CREST (JPMJCR1872)の支援を受けた。

参考文献 [1] Y. Ozeki *et al.*, Nat. Photonics. **6**, 845 (2012). [2] L. Wei *et al.*, Nat. Methods **11**, 410 (2014).

[3] F. Hu *et al.*, Nat. Methods **15**, 194 (2018). [4] R. B. de Andrade *et al.*, Optica **7**, 470-475 (2020).

[5] C. A. Casacio *et al.*, Nature **594**, 201 (2021). [6] Y. Ozeki *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B **37**, 3288 (2020).

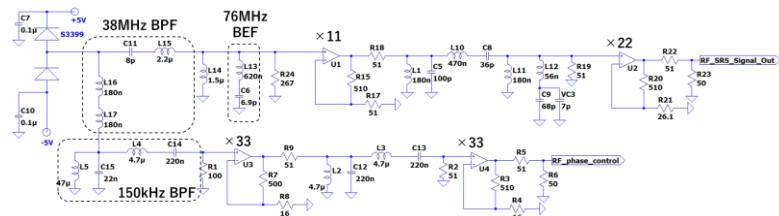


Fig. 1. Diagram of the circuit which extracts SRS signal at 38 MHz and phase-control signal at 150 kHz. S3399: photodiode, U1-U4: Op-amp.

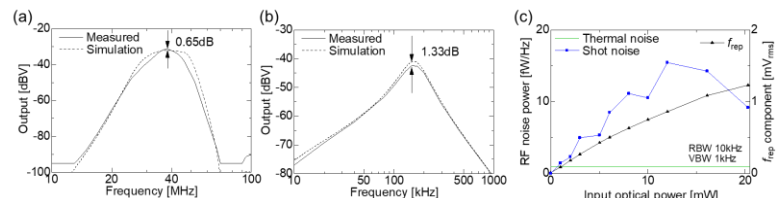


Fig. 2. Circuit characteristics. (a) Frequency response of SRS signal path for an electrical input. (b) Frequency response of phase-control signal path for an electrical input. (c) Shot noise (rectangle), thermal noise (green line) and the pulse repetition rate (76 MHz) signal as functions of optical power.

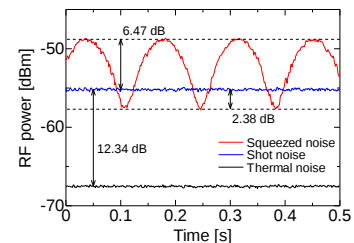


Fig. 3. Balanced homodyne detection of squeezed vacuum with the detector.