

Pulse parametric oscillator used for squeezed light generation

周 駿、 兵頭 政春、 笠井 克幸、 石津 美津雄

(Jun Zhou, Masaharu Hyodo, Katsuyuki Kasai, Mitsuo Ishizu)

郵政省通信総合研究所 関西先端研究センター

(Kansai Advanced Research Center, CRL)

Pulse pumped optical parametric oscillator used for squeezed light generation has been investigated. The employed nonlinear medium is Mg:LiNbO<sub>3</sub> crystal. The gain and squeezing parameter was estimated to be 0.4 cm<sup>-1</sup> and 1 respectively, and 8 dB squeezing is expected. When the repetition rate of the pump pulse is low, the length of the cavity is subject to a restriction for squeezing spectrum measurements.

### 1 はじめに

スクイズド光の発生には、有力の方法の一つとして、光パラメトリック過程を広く用いられている<sup>1,2)</sup>。より大きなスクイジングを得るために、共鳴効果を利用して実効的な相互作用長を長くする方法とパルスレーザー光を用いてポンプ強度を瞬時的に大きくする方法がある。共振器の使用しないパルススクイズド光の発生は、実験が比較的簡単で、かつ広いスクイジング帯域が得られる。しかし、共振器がないと、利得が高いときにパラメの出力光は強い非ガウシアン的な空間分布となり、局部発振光との空間マッチングが悪く、得られるスクイジングの大きさに制限がある<sup>3)</sup>。そこで、我々は共振器を用いるパラメトリック過程によるパルススクイズド光発生の方法を採用し、パルス励起と共振効果両方の利点を同時に取り入れた実験で発振スレシヨルト以上の状態でのスクイズド光の発生を研究の目的とした。今回、実験のキーデバイスの一つとしてのパラメトリック発振器について報告する。

### 2 パラメトリック発振器

パルスの場合に、高いピークパワーが容易に得られるので、パラメ発振器の設計は比較的簡単である。しかし、スクイズド光発生用とする場合に、幾つかの特殊な問題点に注意を払う必要がある。M. Brambilla らの報告によると<sup>4)</sup>、パラメ共振器の信号光のディチューニングが小さくてポンプ光のダンピング定数  $\gamma_2$  は信号光のそれ ( $\gamma_1$ ) より小さいとき、信号光の最もよいスクイジングがスレシヨルト点で現れ、ポンプパワーはスレシヨルトよりずっと大きいところでも十分大きなスクイジングが得られる。従って、ポンプ光と信号光のダンピング定数の比が重要なファクタとなる。又、パルスの繰り返しの倍数のところにパルス幅の逆数程度の範囲内にスパイク状の信号があり、これらを避けてスクイズド光の検出を行わなければならないのである。共振器がないとき、スクイジング帯域が広いので、場合によって、問題にならないが、共振器があるとき、帯域が狭いため、共振器の長さを調節して、共振モードの間隔を最適な値にする必要がある。

図1は用いられるパラメトリック発振器の概略図である。ポンプ光 ( $0.532\mu$ ) はQ-スイッチレーザー光の第2高調波を用い、 $1.064\mu$  の基本波入力に利得測定とアライメント用のためである。非線形結晶は、MgO:LiNbO<sub>3</sub>を用い、位相マッチングをとるために、温度安定度0.01度以下のオープンに入れて温められている。ミラーM1とM2はともにポンプ光に対して高い透過率を有し(85%以上)、信号光とアイドラ光に対して高い反射率をもっている(M1~100%, M2~95%)。このような構成では、ポンプ光のダンピング定数の方が大きいので、信号光をスクイズされるには不利であるが、高いポンプパワーと低いスレシヨルトを得るためにこのように設計した。推定cw発振しき値は  $4\text{ kW/cm}^2$

であるが、パルスの場合にはもっと高くなる。A. Fix らの報告<sup>5)</sup>を参考にして、約 $10\sim 20\text{MW}/\text{cm}^2$ と思われる。結晶の非線形感受率とポンプパワーなどから利得 $g$ とスクイジnkパラメーター $r$ を見積もってみた。それぞれ $g$ は $0.4\text{cm}^{-1}$ 、 $r$ は1となり、約8dBのスクイジnkが得られる。実際、ポンプ光の位相ゆらぎや他の損失などの影響で、8dBよりずっと小さいスクイジnkしか得られないと思われる。

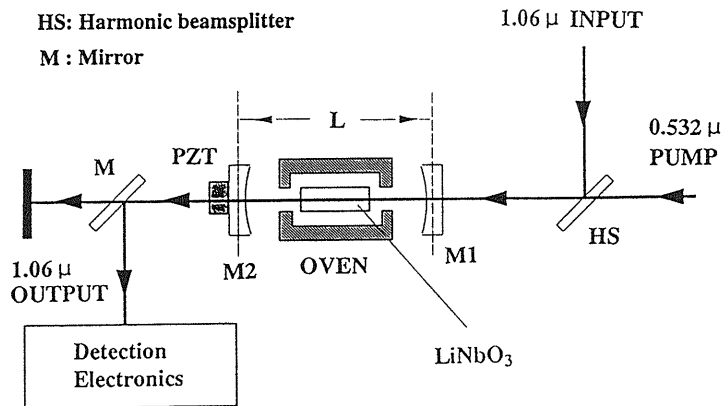


Fig.1 Optical parametric oscillator for pulsed squeezed light generation

共振器の長さも重要なファクタの一つである。用いられているQ-スイッチレーザのパルス幅は $10\sim 20\text{ns}$ なので、DCから50MHzまでの周波数範囲内に10Hzの間隔で多数のスパイク信号が含まれることになる。図2に、実際に測定したレーザパルスのスペクトル特性を示している。DCから約70MHzまでの間に、強い信号が現れている。尚、200MHz付近のピークはレーザモード間のビード信号で、レーザをシングルモードにすることで、除去できる。従って、スクイジnk信号の観測は、100MHz以上の周波数で行わなければならないことになる。検出回路の設計や実際の設計に際して可能な共振器長などを合わせて考慮すると、共振器の長さを500mm前後にした。このときパラメトリック発振器のFree Spectral Range(FSR)は300MHzになり、共振器のフィネスは約60であるので、帯域は約5MHzとなる。従って、実際に観測されるスクイジnk信号は、縮退周波数から $\pm 300\text{MHz}$ 離れたところの非縮退しているシグナルとアイドラのものになる。

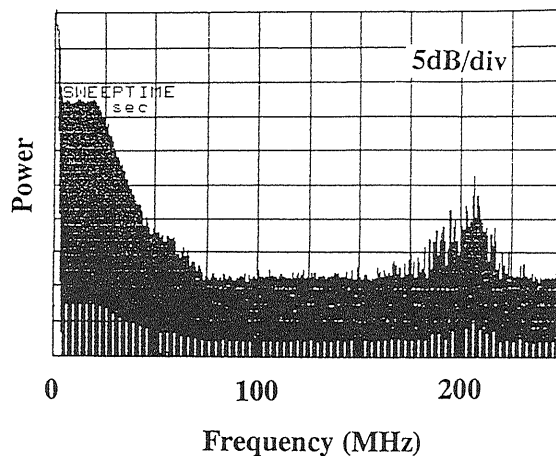


Fig.2 Power spectrum of the Q-switched laser pulse

### 3 おわりに

パルススクイズド光発生用パラメトリック発振器を設計するときの問題点とその解決策を検討していた。検出に際しても、特に繰り返し周波数の低いとき、特殊な問題点は幾つかがある。今後、検出部分の問題を解決しながら、実際に実験を行う予定である。

### 参考文献

- 1) R. M. Shelby, M. Rosenbluh Appl. Phys. B55(1992)226
- 2) L. A. Wu, M. Xiao, H. J. Kimble J. Opt. Soc. Am. B4(1987)1450
- 3) A. La Porta, R. E. Slusher Phys. Rev. A44(1991)2013
- 4) M. Brambilla, P. Galatola et al. Appl. Phys. B55(1992)190
- 5) A. Fix T. Schroder, R. Wallenstein Laser Und Opto. 23(1991)1061