

注入同期制御した

光パラメトリック発生器の製作

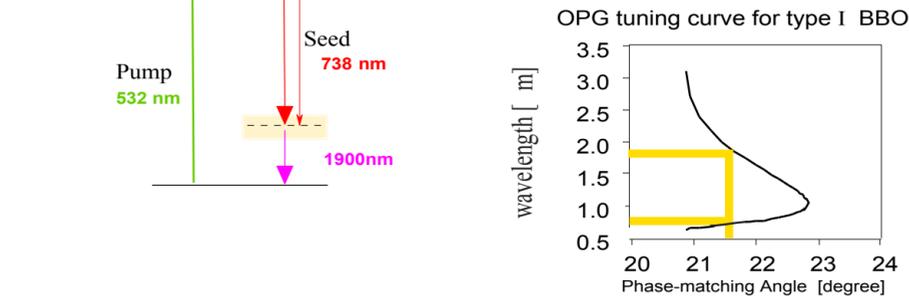
白田研究室 9624026 曲道 友幸

1. 目的

本研究の目的は、単一周波数で波長可変な近赤外パルス光源を製作することにある。

2. 原理

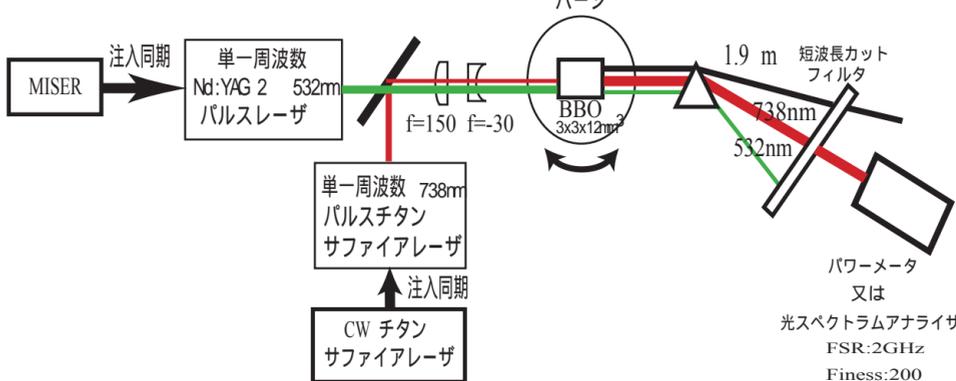
近赤外パルスを得るために、パラメトリック増幅(OPG)で発生させる。パラメトリック増幅とは、非線形結晶に一つの高エネルギーフォトンを入射させると二つの低エネルギーフォトン(シグナル波、アイドラ波)に分割される非線形光学過程を言う。その時、どのように分割されるかは位相整合条件で決まる。ところが単一周波数の励起光(532nm)を入射させても、位相整合条件においての許容角に対して、738nm光(シグナル波)では数nm線幅があり、この条件だけでは単一周波数のパルス出力は得られない。よって単一周波数の弱い種光(シード光)を非線形結晶(BBO)に入射させる。それにより OPG の出力をシード光の 738nm へ掃引して、単一周波数の近赤外光 1900nm(アイドラ波)を得る。これを注入同期光パラメトリック発生と言う。



3. 実験配置

今回、非線形結晶としてBBOを用いる。BBOは湿気に弱いので乾燥窒素でパージしてある。BBOを回転させて位相整合角を得るわけだが、それだけでは不十分であることは前述した通りであるので注入同期光パラメトリック発生により近赤外光を得る。まず、MISERで注入同期した単一周波数のNd:YAGレーザの二倍波を532nmの励起光としてBBOに強く入射させてパラメトリック増幅を起こす。次にシード光としてCWで注入同期した単一周波数のチタンサファイアレーザを弱く入射させる。すると増幅されなかった532nm光と、掃引され増幅された738nm光と、1900nmの近赤外光が出射される。その3光をプリズムで分けて、短波長カットフィルタで532nmをカットして、他の2光をパワーメータとスペクトルアナライザでエネルギー、線幅をそれぞれ測定する。ただし、1900nm光についての測定は容易ではないので、主に738nm光について測定していく。パラメトリックプロセスにおいて738nmと1900nmの光子は同時に発生しているので738nm光を測定していくことで1900nm光についても知ることができるといえる。

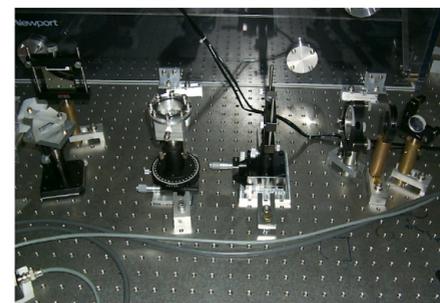
実験配置



注入同期単一周波数パルスチタンサファイアレーザシステム



OPGシステム



4. 実験結果

Fig. 1はシードをかけた時とかけない時の738nm出力のスペクトル形状を表わしている。シードをかけない時は738nmを中心に約4nmにわたり広い線幅をもって出力しているのがわかる。逆にシードをかけた時は、シード光の738nmに引き込まれて狭い線幅で出力しているのがわかる。

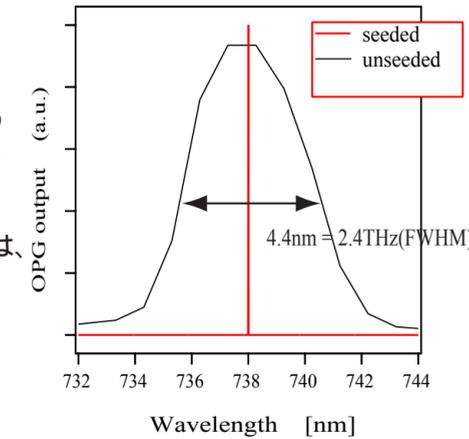


Fig. 1 OPG pulsed output with and without seeding

Fig. 2,3はシードがかかった時の出力特性を示している。Fig. 2はシードされた738nm出力光の励起光強度依存性を示している。強度をあげるにつれて、シードされた738nm出力光は指数関数的に増大しているのがわかる。最大340W/cm²になった時、シードされた738nm出力光は3mJであり、量子効率にして28%に相当する。この時の1900nm光は0.56mJだった。しかし、パラメトリックプロセスにより738nm光と1900nm光の光子が対1で出ていることを考えると、波長の比より、3mJに対して1900nm光は1mJのエネルギーをもって出力しないといけませんが、実験で用いた短波長カットフィルタやプリズム等の光学部品によるLossが生じているので、738nm光のパワーについてはパワーメータで計測した値よりLossを考慮して求めたが、1900nm光については計算不能であるのでパワーメータで計測した値をそのままのせている。これは量子効率にして13%であった。しかし本当の量子効率は738nm光と同様28%のはずである。Fig. 3は励起光強度を280W/cm²にした時の、量子効率のシード光強度依存性を表してする。シード光強度をあげるにつれて、量子効率が29%あたりで飽和していくのがわかる。

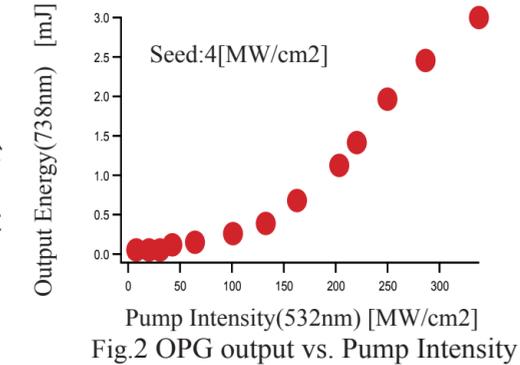


Fig.2 OPG output vs. Pump Intensity

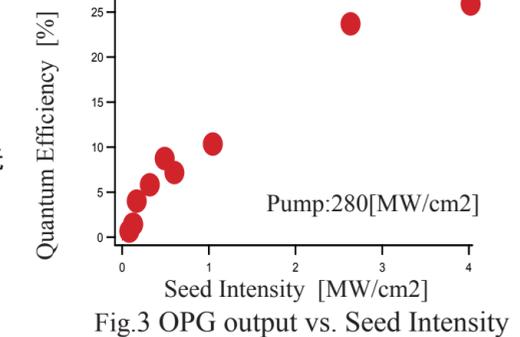


Fig.3 OPG output vs. Seed Intensity

Fig. 4はFig. 1をもっと詳しく表したグラフである。二本あるうちの内側のスペクトルは装置幅を示している。よって装置幅を除いて評価した値、つまり738nm光の線幅は24MHzであった。非常に狭い線幅になり、フーリエ変換限界の幅になっている。Fig. 5は励起光の線幅を表している。線幅は45MHzであった。1900nm光の線幅は直接測れないので、532nm光と738nm光の線幅から1900nm光の線幅を間接的に評価すると、数十MHz程度であろうと思われる。つまり、1900nm光もまた狭い線幅で出力しているのが分かる。

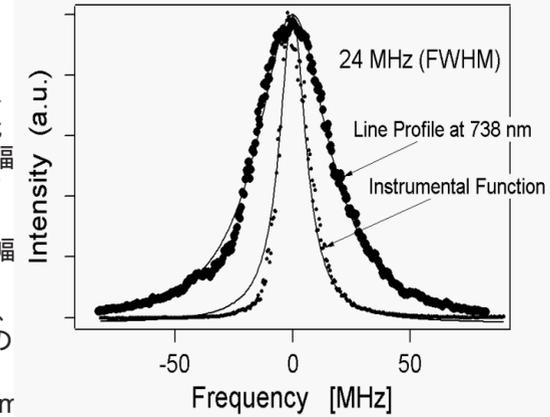


Fig.4 Linewidth at 738nm

5.まとめ

1900nm域で単一周波数波長可変パルス光源を製作した。その時の出力エネルギーは0.56 Jであり、量子効率にして13%であった。線幅数十MHzであり、ほぼフーリエ変換限界パルスになっていた。この光源は波長掃引は4GHzまでならモードホップしないで連続しておこなえる。不連続の時でも10nm(=55THz)までならカバーできる。

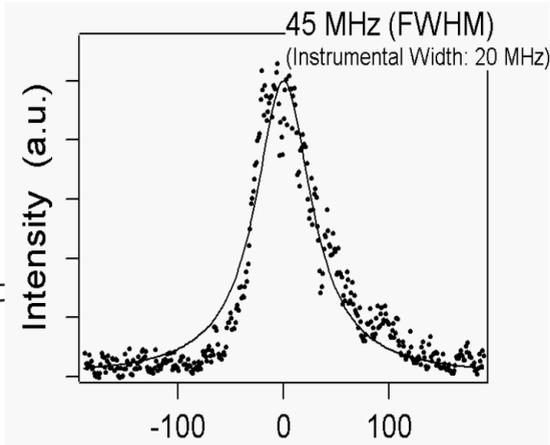


Fig.5 Linewidth at 532nm