

光周波数シンセサイザの開発に向けて

10 MHz-100 GHz程度のマイクロ波信号源としての周波数シンセサイザが実用化されて久しい。この装置は外部から正確な基準信号を入力し、パネル上で周波数を設定すれば好きな周波数の電気信号を発生させることができる。すなわち、基準信号から設定した数値の周波数を加減乗除して合成しているわけである。光周波数シンセサイザが普通の周波数シンセサイザと異なる点は、出力周波数帯が高いことと、出力が電気信号ではなく光であることである。

光周波数シンセサイザ実現には二つの大きな困難があった。一つは光とマイクロ波の周波数の比較である。マイクロ波領域と光領域では千倍～百万倍も周波数が異なるため、精密に比較することが困難だった。もう一つは出力段の連続発振レーザ装置である。レーザは意外に発振波長帯が限られており、広帯域で発振可能な連続発振レーザ光源は現在まだ実用化されていない。本方法では光とマイクロ波の比較装置としてフェムト秒モードロックレーザを用い、出力段のレーザ装置として連続発振光パラメトリック発振器(以下OPO)を用いる。フェムト秒モードロックレーザは周波数軸上でみると図1に示すように光コムと呼ばれる細い周波数成分が規則正しく並んだものとなる。各成分の間隔 f_{rep} はマイクロ波帯の周波数であり、基準周波数を用

いて安定化することが可能である。また、極めて広く広がった光コムでは図中の $f(0)$ を比較的容易に観測・制御することができ、これらを同時に安定化することで各成分の絶対周波数値が定まる。図1にある光コムは、百万個以上の安定化レーザの集合と等価である。ただし、コム一本当たりのパワーは非常に小さいことなどから、一本をそのまま計測に用いることは困難である。そこで出力段としてOPOを用いる。OPOは高出力・高品質・広帯域という特長を兼ね備えた光源である。これを単一周波数発振させ、その周波数を光コムの周波数成分の一本に位相同期させる。これにより、OPOの光周波数は基準周波数であるマイクロ波の加減乗除で決まることになる。これまでにOPOをいくつかの波長帯で光コムに位相同期させることに成功している。

現在は、高出力化および信頼性向上に取り組んでいる。完成した形を想像するなら、リアパネルに基準信号入力端子があり、フロントパネルで光周波数値(200-800 THz)を設定し、その光周波数が光ファイバから出力されるといったところであろう(図2)。この装置を作ることができれば、光周波数計測をはじめ、長さ計測や多重波長通信、ひいては光領域で周波数標準を定義する光周波数標準のための重要なツールとなることが期待される。

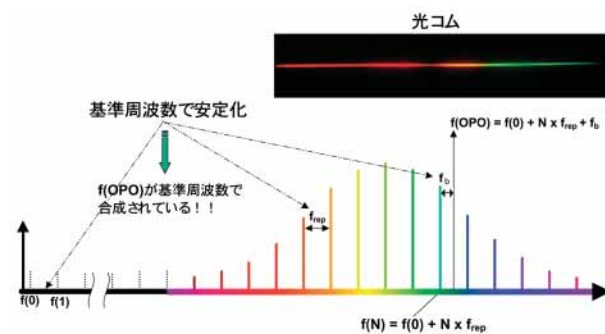


図1 周波数軸上における概念図

フェムト秒モードロックレーザは、光周波数が「くし」の目のように規則正しく並んでおり、「光コム」と呼ばれる。光コムにOPOを位相同期させると、OPOの光周波数 $f(OPO)$ は、 f_{rep} と $f(0)$ と f_0 で決まり、基準周波数の加減乗除で定まる(N は任意の整数)。

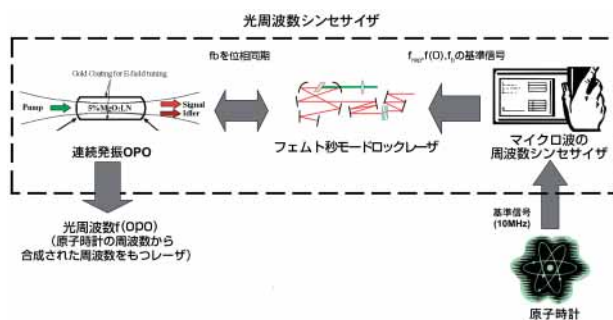
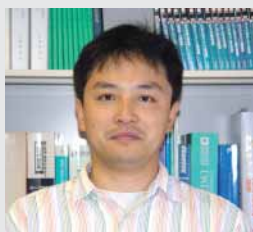


図2 光周波数シンセサイザの構成

原子時計からの基準信号をマイクロ波周波数シンセサイザに入力し、その出力 f_{rep} と $f(0)$ を位相同期させる。そうしてできた光コムに、今度は連続発振OPOを位相同期させる。

関連情報

- 共同研究者：池上 健, 洪 鋒雷, 大苗 敦, 古賀 保喜, 大嶋 新一, 美濃島 薫, 松本 弘一 (計測標準研究部門) .
- 1) K. Sugiyama et. al., : Proc. of SPIE, Vol. 4269, 95-104 (2001).
- 2) T. Ikegami et. al., : Optics communications, Vol. 184, 13-17 (2000).



いなば はじめ
稲場 肇
h.inaba@aist.go.jp
計測標準研究部門