

光コム発生技術とその応用

研究者：興梠 元伸 元東京工業大学 大学院 総合理工学研究科 助手
開発企業：興梠 元伸 株式会社光コム 代表取締役社長
(推薦者：伊澤 達夫 東京工業大学 理事・副学長)



興梠 元伸 氏

1. 技術の背景

光の周波数や位相を制御する技術は、距離の測定、物理乗数の測定等の要求から高精度化が進められてきている。また、急速な光通信の進展に伴い、光周波数を精密に制御する要求も高まりつつある。

従来から光周波数（波長）の測定には、干渉縞を利用する方法やマイクロ波帯の周波数標準を参照し光周波数帯の測定を行う方法がある。しかし、前者は測定周波数精度が 1MHz 程度と低く、また後者も手間がかかりすぎる問題点があった。

2. 技術の概要

「光コム」とは、いろいろな波長の光が櫛の歯のように等間隔に並んでいるレーザー光のことで、英語の櫛（Comb：コム）を意味する言葉と組み合わせて「光コム」と呼ばれている。

本技術は導波路型光コム発生技術で、それまで不可能だった光絶対周波数の直接測定を可能にする革新的な技術である。

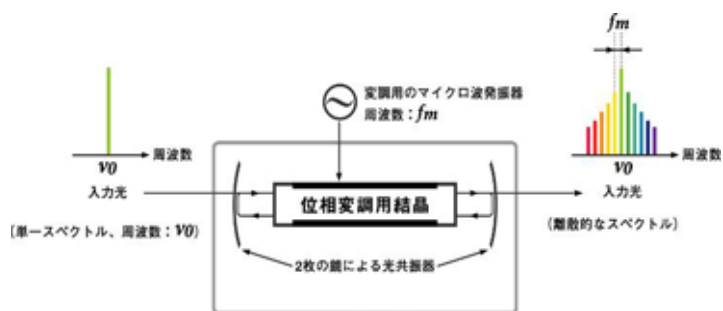


図 1 . 光周波数コム発生 の原理

本技術による光コム発生器はニオブ酸リチウム(LiNbO₃; LN)結晶の端面にミラーをコーティングしたファブリ・ペロー電気光学変調器を基本とする。単一周波数のレーザを入力し変調器内部でマイクロ波で深く変調すること

により、入力レーザの周波数を中心に 10THz 以上の帯域に渡って間隔の揃った数百本のサイドバンドが発生する(図 1)。

得られる光コムの光周波数及び各サイドバンド間隔の精度は、入力するレーザと高周波信号の精度に依存し、レーザ光源を電氣的、機械的に変調する場合に比べ、各スペクトルの位相が揃い、コム間隔が非常に高精度である特長を有している。設定分解能は 10⁻¹² (数百 THz の光周波数に対して数 kHz に相当する精度)にも及び、この光コムの出現によりこれまで不可能だった光周波数の高速かつ高精度な測定が可能になった。

図 2 は独自に開発した導波路端面の研磨・コーティング方法を用いて、世界で初めて商品化した LN 導波路型の光コム発生器である。他の光コム発生器と比較して小型堅牢なモノリシック構造の採用等により以下の特徴がある。



図 2 . 導波路型光周波数コム発生器の外観

駆動するマイクロ波パワーが従来の 1/10 と低電力 (従来は 3 ~ 5W)

25GHz までの高周波駆動が可能

テルコーディア規格 GR-63-CORE に準拠した部品と同じ製造方法による高信頼性構造

3 . 効果

(株)光コムでは、本技術を用いた「光コム発生器」を商品化するとともに、この光コム発生器を応用した「光周波数カウンター」を開発した(図3)。本製品は、光コム発生器2台と基準安定化レーザ1台及び分布帰還型レーザ(DFBレーザ)1台を内蔵し、光コムを光の物差しとして使用する。そして未知の周波数



図3 . 光周波数カウンターの外観

を持つ、入力レーザが共振する光コムの次数を自動的に判定することにより周波数を正確に測定している(図4)。

このようにして、本光周波数カウンターでは、高精度の光コムを基準にすることにより、測定周波数精度10kHz(波長測定精度に換算すると 10^{-7} nm)を実現すると共に、被測定レーザを入力するだけという簡単且つ高精度の光周波数測定を可能にした。

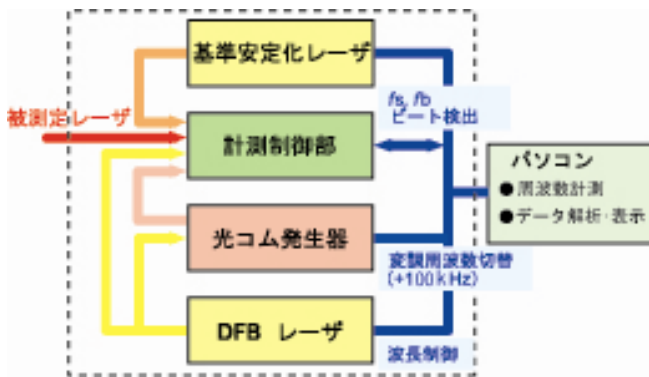


図4 . 周波数コムカウンターのブロックダイアグラム

また、アラン分散測定機能等のデータ解析機能も充実し、通信機能や外部メモリ等のユーザインターフェースにも優れた、実用的な測定器である。

本技術を用いた光コム発生器は特に、光周波数や光による距離や振動などの物理量計測器を高精度化するキーデバイスとしても期待されている。

また光源の波長制御の分野では、OCT(オプティカル・コヒーレンス・トモグラフィ;光干渉断層計)用光源に必要な広帯域レーザの高速掃引制御が可能なことを示した。

光コム発生器をファブリ・ペロー共振器として使用し光学的にループを作り、共振器長を制御することによって波長の高速掃引を行う試作機を制作した（図5）。

今後発展の期待される医療分野で利用されるOCT光源システムの高速化など、他の光源を高精度に制御する技術とデバイスの商品化を視野に入れた開発を進めている。



図5 . OCT用光源の外観