

## 高速ピコ秒光パルス発生と計測

Generation and Measurement of High Speed Optical Pulses

鈴木克弘

佐藤卓蔵

Yoshihiro SUZUKI

Takuzo SATO

電子技術総合研究所

Electro-technical Laboratory

## 1 はじめに

近年半導体レーザを用いた超短光パルス列の発生に関する研究が多くの関心を集めており、最近ではサブピコ秒の光パルスも得られるに至っている。<sup>(1)(2)</sup> この超短光パルスは高距離分解能を与え、さらに半導体レーザの実用上の利便ともあわせると、半導体レーザのレーザーダイオードの応用も興味あるものと思われる。我々は、レーザーダイオードの直接的応用をめぐってはいないが、基礎技術として、半導体レーザから高速光パルス列の発生について研究を進めている。最近、マイクロ波電流直接変調と外部共振器を用いた半導体レーザ共振器で繰り返し周波数7GHz、パルス幅約30 psecの高速光パルス列を得たので、その概要について述べる。

## 2 実験装置

Fig. 1に実験装置の構成を示す。使用した半導体レーザ素子はTJS型のGaAlAs LD (ML-2307型)で、片面に無反射コートをしていす。無反射コートによりLDのしきい値電流は24mAから30mAに増大した。発振波長は約890nmである。外部共振器は、NA. 0.25のDPLレンズとアルミコートのフラットミラーで構成している。共振器長は約2cmで、モード間隔を約7GHzに設定した。外部共振器を構成することによりしきい値電流は約27.6mAに低下した。変調用の7GHzマイクロ波信号はDC電流に重畳してLDに加えている。マイクロ波信号発生器には、スイープオシレータを用い、その周波数安定度は、500 kHz/°C程度であり、出力は約40mWである。

出射レーザ光についての測定は、Fig. 1に示すように、分光器とSi-ビジコンにより素子モード(間隔約4.5Å)スペクトラムの観測を、次に掃引型フーリエロー干渉計(FSR 約60GHz)により外部共振器モード(約7GHz間隔)スペクトラムの観測を行い、最後にLiIO<sub>3</sub>結晶(厚さ約3mm)を用いたSHG共振器により光パルス幅の測定を行った。

## 3 実験結果

Fig. 2にDCバイアス電流28.3mA変調周波数7.09GHzの時の良好な光パルスのSHG相関波形を示す。横軸は遅延時間、縦軸は規格化された2乗倍光の強度である。本図で左側のパルス波形は光パルスの自己相関波形を右側のパルス波形は隣りの光パルス間の相互相関波形を示している。本図で、左右のパルス波形が良く一致していること、さらにはバックグラウンドの光強度とピークの光強度比が1:3であることから、均一な光パルス列が得られていることが推定された。さらに、素子モードが1本であり、サブ構造をほとんど持たない良質な光パルスであるとも言える。次にパルス幅を測定するために本パルス波形を調べたところ、ガウス型に近いことが分かり、元の光パルスの半値全幅は、 $\Delta t = 29$  psecと推定された。

Fig. 3に本光パルスが得られた時の外部共振器モードスペクトラムを示す。スペクトラムの包絡線もほぼガウス型に一致し、その半値全幅は、 $\Delta f = 17.2$  GHzであった。ここで $\Delta t$ と $\Delta f$ の積をとると $\Delta t \cdot \Delta f = 0.50$ となり、ガウス型パルスのTransform limit値0.44にかなり近く本実験で得られた光パルスは良好なモードロックにより発生したものと推定される。

次にDC電流をパラメータとして光パルス幅と変調周波数の関係を探った結果をFig. 4に示す。本図で、プロットしていない部分では、素子モード数が複数となり、SHG相関波形にサブ構造が現れ、コヒーレントな光パルスが得られなかった。本図から言える特徴的なことは①他のレーザと比較して同調領域が広いこと、②DCバイアス電流が大きくなると同調範囲が狭くなること、③DCバイアス電流がスレッショルド近傍でパルス幅は最も短くなること、④DCバイアス電流が変化すると同調周波数も変化し、電流が増大すると同調周波数は減少する。

最後に Fig. 5 に  $\Delta t \cdot \Delta f$  値を調べた結果を示す。本図から、DCバイアス電流が 3mA の場合を除き、同調部では  $\Delta t \cdot \Delta f$  値は、transform-limit 値に近く、良好なモードロック状態が得られているといえる。また、最小値は、必ずしもパルス幅が最少の場合にはないことがいえよう。

#### 4 おわりに

本実験では、特にエタロンを用いなくても単子モードを本にしぼり、かつ、transform-limit に近い良好な、かつ高速度光パルス列を得ることができた。また、同調領域が広くとれ、実用的に使いやすくなることなどいえる。

最後に、日頃御指導なすかに御鞭撻をいただき東北大学 稲場教授、伊藤助教授に感謝いたします。

#### 参考文献

(1) 横山、伊藤、稲場、昭和56年秋季

応用物理学会学術講演会予稿集 8p-K-11.

(2) J.P. van der Ziel, R.A. Logan and R.M. Mikulyuk, Appl. Phys. Lett. 39 (11) 867 (1981)

Fig. 2. SHG 相関波形例

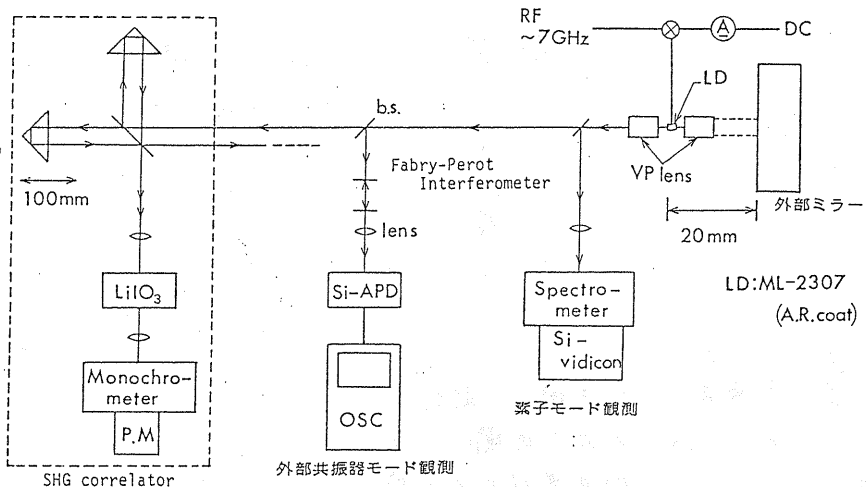


Fig. 1 半導体レーザーモードロック実験装置

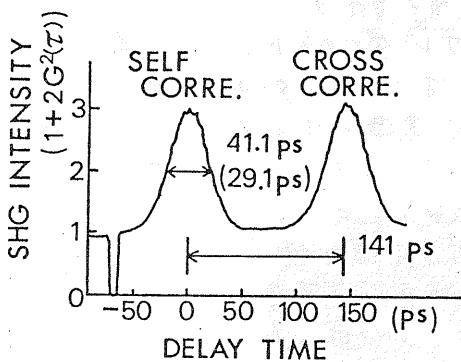


Fig. 2. SHG 相関波形例

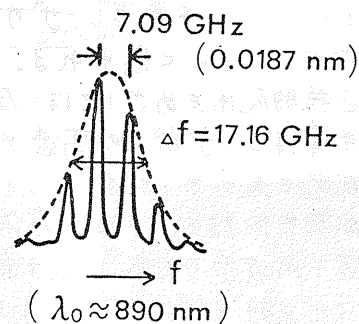


Fig. 3. 外部共振器モードロック

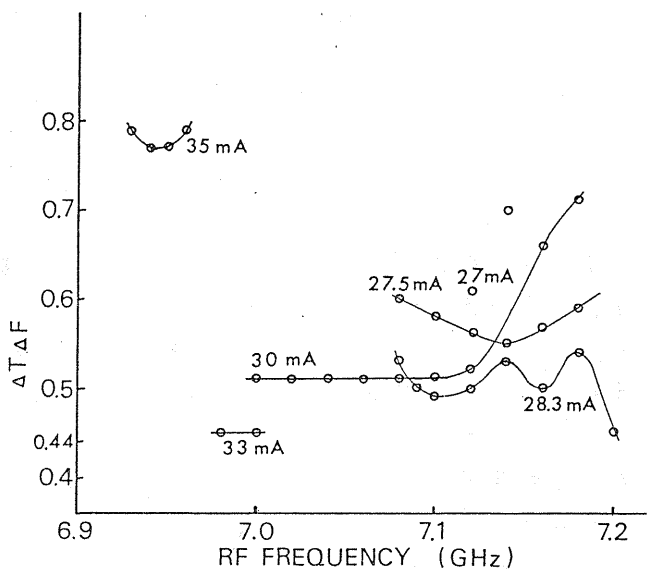


Fig. 5. Fig. 4 の実験結果について  $\Delta t \cdot \Delta f$  値をまとめた結果。(0.44 はガウス型の transform-limit 値)

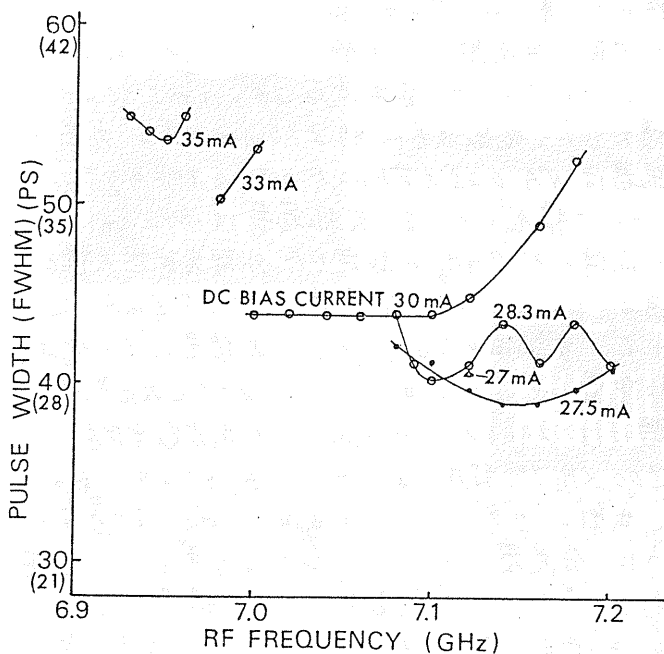


Fig. 4. 光パルス幅と DC バイアス電流及び変調周波数の関係についての実験結果.