

フォトカソード電子銃駆動用の ファイバーレーザーの開発

DEVELOPMENT OF FIBER LASER FOR PHOTO CATHODE ELECTRON GUN

堤亮太^{#,A)}, 川瀬啓悟^{A)}, 加藤龍好^{A)}, 入澤明典^{A)}, 藤本将輝^{A)}, 矢口雅貴^{A)},
船越壮亮^{A)}, 宮崎 数磨^{A)}, 磯山悟朗^{A)}

Ryota Tsutsumi^{#,A)}, Keigo Kawase^{#,A)}, Ryukou Kato^{A)}, Akinori Irizawa^{A)}, Masaki Fujimoto^{A)}, Masaki Yaguchi^{A)},
Sousuke Funakoshi^{A)}, Kazuma Miyazaki^{A)}, Goro Isoyama^{A)}

^{A)} Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

Abstract

We develop L-band photocathode RF gun which is conducted by the collaborations with the groups of Osaka University, KEK and Hiroshima University. For the photocathode, we uniquely develop laser at Osaka University. At the first laser system, we have developed passive mode lock Yb fiber laser at repetition rate of 108MHz. on the other hand, thermionic cathode electron gun generates electron with sub harmonic buncher with the repetition of 27MHz now in addition to 108MHz. For this reason, we started to develop passive mode lock Yb fiber laser at repetition rate of 27MHz uniquely. The mean power at pulse is 35~70mW, and Max energy at a pulse is 2.7nJ.

1. はじめに

現在 KEK、広島大学、大阪大学でLバンドフォトカソード RF 電子銃の開発を進めている。そこでフォトカソード駆動用レーザーを大阪大学独自に開発中 (KEK の支援)。安定性、汎用性とコストの面からファイバーレーザーシステムを採用した。

現在は熱カソード電子銃を使用している、大阪大学産業科学研究所量子ビーム施設の L バンドライナックの自由電子レーザー(FEL)用モードロック Yb ファイバーレーザー発振器 (繰り返し数 108MHz) を製作してきた。また FEL は繰り返し数 108MHz に加え高出力が得られる繰り返し数 27MHz 運転も開始。そのため繰り返し数 27MHz のフォトカソード駆動用受動モードロック Yb ファイバーレーザー発振器の開発を開始し、発振器のセットアップの写真を図 1 に記す。今回はその進捗状況を報告する。

2. 受動モードロック Yb ファイバーレーザー発振器

このレーザーシステムにはレーザー媒質として Yb 添加ファイバーを用いており、約 980nm の光をポンプ光として励起し中心波長約 1030nm の光を発振する。図 1 のように波長板 3 つとグレーティング幅を調整することによりモードロックをかけ、CW 光から極短パルス光とする。このパルス光が 27MHz で発振するようにファイバー長、自由空間長を設定し光路長を設計製作した。ファイバー中での正の分散を打ち消すため負の分散を与えるグレーティングペアを通し、ファイバー中で広がったパルス幅の圧縮補償を行っている。

図 2 にモードロックした際の波形をフォトダイオードで検出したオシロスコープの画像を記す。27MHz でパルス光が発振していることが分かる。

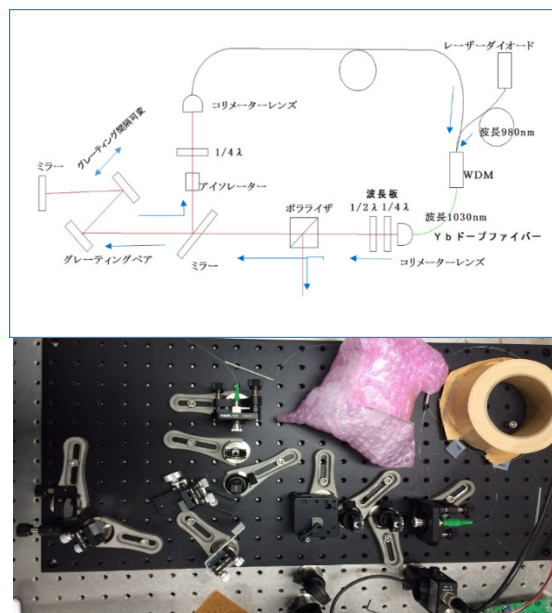


Figure 1: Photograph and outline of the setup at the fiber laser.

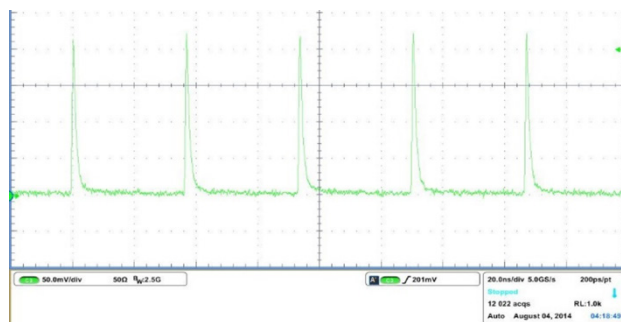


Figure 2: Waveform of the mode locked laser detected by photodiode.

図 3 に分光器で測定したモードロック波長スペクトルを記す。パルスをガウス型と仮定した場合フーリエ変換限界パルス幅は約 80fs。

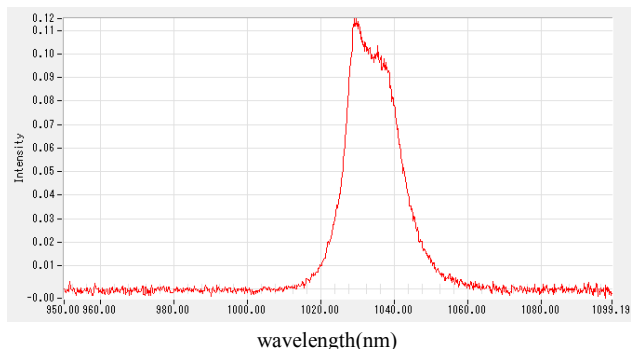


Figure 3: Spectrum of the mode locked laser.

図 4 にグレーティング間隔を固定し、ポンプ光の出力を変化させたときのスペクトル変化を色別に記した。出力を下げていくとスペクトル幅は大きくは変わらず、498mA ではモードロックがはずれパルスではなく CW 光となりスペクトル幅が狭くなった。

また出力が高い方がモードロックがかかるグレーティング間隔の幅が広くなり、モードロックがかかりやすくなり、かつ長時間安定となる。

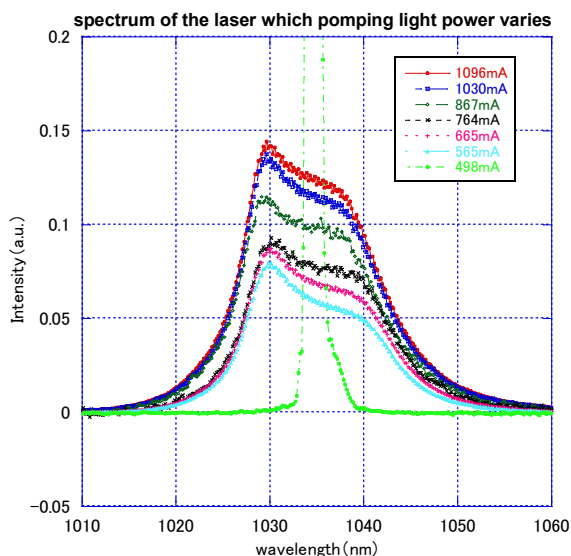


Figure 4: Spectrum of the laser which pumping light power varies.

図 5 に出力を固定し、グレーティングペア間隔の距離を変えたときのスペクトルの変化を記す。赤色の線はグレーティングペア間隔が 8.9cm。青色の線は 8.62cm である。グレーティングペア間隔を大きくするとスペクトルが波長の短い側に遷移しているのが分かる。また間隔によっては赤色の線の様先鋭な角が生えることが確認された。これは CW 光の中心波長 1030nm 付近に角が生えていることから、パルスと CW 光が同時に発生していると考えられる。

ファイバー中で広がったパルス幅を補正する設計上のグレーティングペア間隔は 8.3cm であるがここでは不安定でモードロックはかからなかった。製作時の誤差を精査する必要がある。

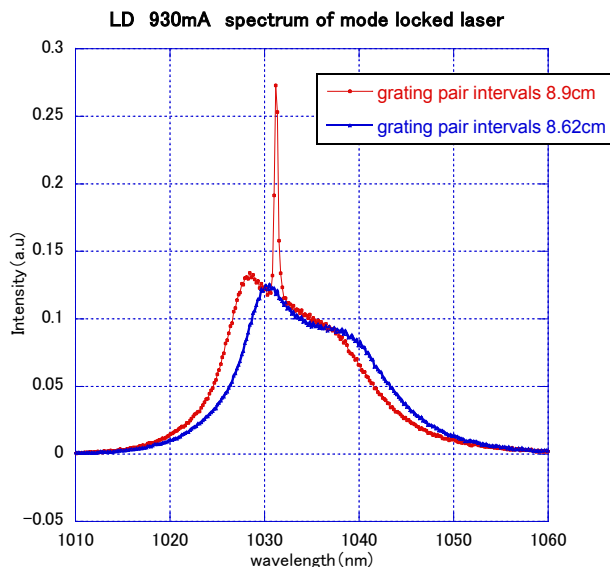


Figure 5: Spectrum of the mode locked laser. Red line shows spectrum at grating pair intervals of 8.62cm. Blue line shows spectrum at grating pair intervals of 8.9cm.

図 6 にポンプ光の出力を変えたときのファイバーレーザー発振器の出力変化を記す。平均出力の最大は CW で 173.6mW、パルスで 71.9mW。このとき 1パルスあたり平均 2.7nJ である。

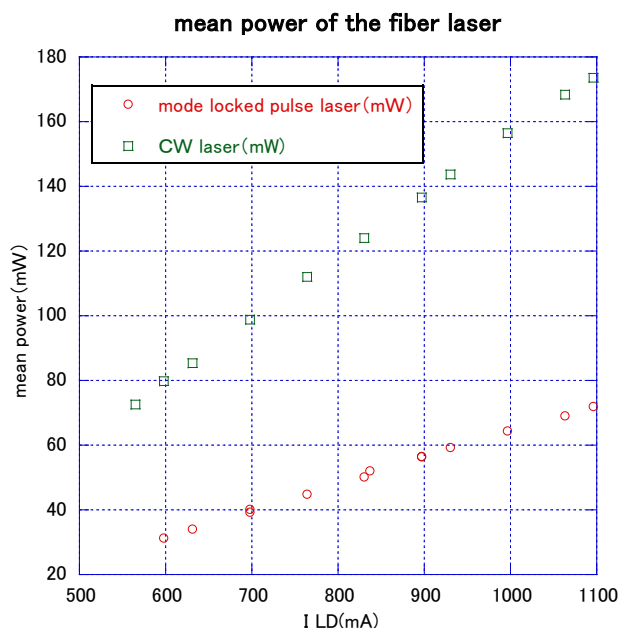


Figure 6: Mean power of the fiber laser. Red line shows mean pulse laser detected by power meter. Green line shows CW laser.

3. まとめと今後の展望

フォトカソード駆動用に向けた繰り返し数 27MHz のモードロック Yb ファイバーレーザーシステムの開発を行った。モードロックした際のパルス動作の平均出力は 35~70mW。ポンプ光の出力を上げるとモードロックがかかりやすくなり、長時間安定することも確認した。設計値よりも大きいグレーティングペア間隔でモードロックが安定してかかったが、ファイバー中で広がったパルス幅を補償することが出来ていないと考えられ、グレーティングペア間隔によってパルスの特性がどのように変化するのか測定する必要がある。よってオートコリレーター等を用いてパルスの特性を測定する必要がある。

後段に出力増幅器を作成していき、100W を目標に増幅させる。