

## VENTEON ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER DATA SHEET

# 超短パルス発振器

Novanta は、レーザーベースの診断、分析、マイクロマシニング、微細材料処理アプリケーション向けの最先端のコンポーネントとサブシステムに特化したフォトニクスソリューションを開発しています。強力なレーザーと、高度なビームステアリング、ソフトウェアと制御を組み込んだインテリジェントなサブシステムを組み合わせることで、お客様の要求の厳しいアプリケーションに合わせて、極めて高い精度とパフォーマンスを実現します。

### 信頼性と堅牢性

venteon シリーズのフェムト秒発振器は超短パルスレーザー技術を使用しており、市販されているものの中で最短のパルス (<5 fs (FTL)、帯域幅 >380 nm、平均出力 >900 mW) を提供します。コンパクトなモノリシック設計は、低ポンプしきい値に最適化されており、ポンプレーザーが内蔵されています。動作寿命が長いため、これらの機器は信頼性が高く、極めて堅牢です。venteon 発振器はすべて、優れた安定性 (図 1) とビーム形状 (図 2) を備えています。

venteon キャビティは、イオンビームスパッタリング技術によって作成された DCM ミラーのみを使用して、卓越した位相制御と理論値に近いパルスを保証します。

Laser Quantum はパルス持続時間の報告を明確にサポートしており、数値がフーリエ変換計算に基づく理論値であるか、SPIDER 技術と計測器を使用して実際に測定された持続時間であるかを常に詳細に示します。

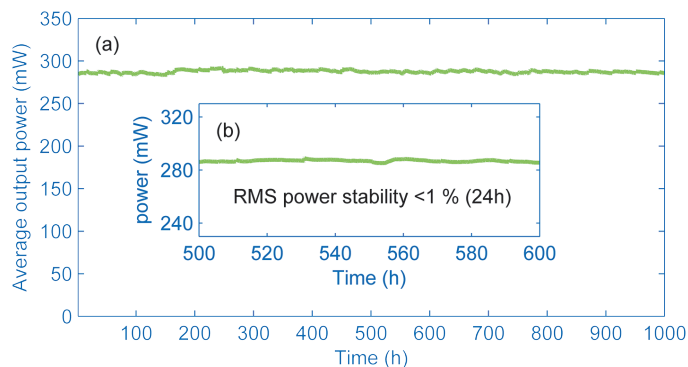


図 1 最適化された熱設計と機械設計による Venteon Ultra 発振器の優れた安定性



数サイクルのフェムト秒パルス - venteon ファミリー

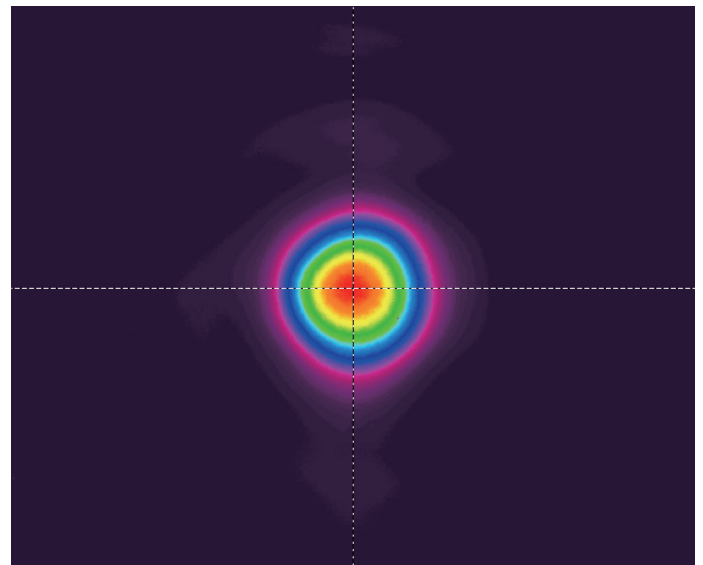


図2 CCDカメラで測定したベンテオンウルトラ発振器の典型的なビームプロファイル

### VENTEON POWER

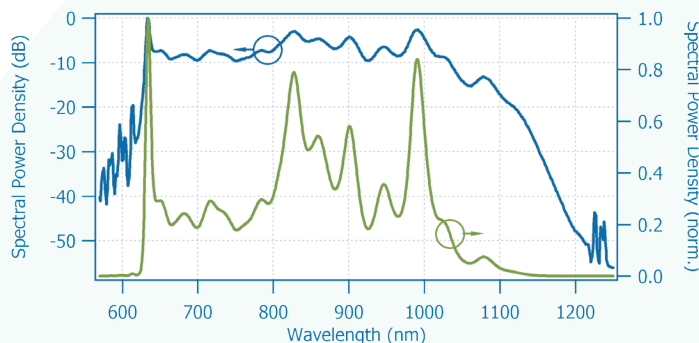
Venteon Power フェムト秒発振器は、8 fs 未満の測定パルス持続時間で高出力電力を提供するように最適化されています。

Venteon Power は、CEP 安定化性能で供給することも、CEP アップグレードに対応できる状態で供給することもできます。また、最大 30 kHz のロック帯域幅で適切な無線周波数基準ソースに共振のない繰り返しレートをロックできるピエゾ トランスデューサー/リニア アクチュエーターを装備することもできます。

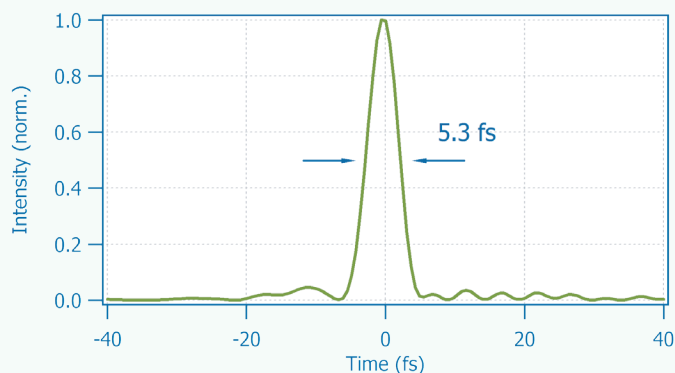
# VENTEON ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER

## VENTEON ULTRA

venteon ultra フェムト秒発振器は、600 nm から 1200 nm の比類のないスペクトル帯域幅 (<5.5 fs @-10 dBc で指定) で、240 mW を超える <5.5 fs の短パルスを出力します。このオクターブにまたがる出力スペクトルにより、venteon ultra は追加のスペクトル拡張なしで直接 CEP 安定化に使用できます。venteon ultra は、完全に CEP 安定化されたレーザーにアップグレードすることも、後日 CEP アップグレードを可能にするために必要なコンポーネントを使用してアップグレードすることもできます。



典型的な Venteon Ultra スペクトルは、600 nm 超から 1200 nm までの範囲です。このスペクトルは、市販されている最短のパルスをサポートし、たとえば直接 CEP 安定化に最適です。



典型的な Venteon Ultra パルスは <5.5 fs で、Venteon SPIDER で測定されました。

## オプションとアップグレード

### パルス列モニタリング

統合された高帯域幅 (>10 GHz) フォトダイオードは、繰り返し率のモニタリングや、TL-1000 ユニットまたは外部電子機器への信号供給に使用できます。

### 繰り返し率制御

繰り返し率とアクティブ フィードバックの制御は、圧電アクチュエータに取り付けられたキャビティ ミラーによって可能になり、迅速なフィードバックと長期ドリフト制御を同時に実現できます。TL1000 繰り返し率安定化ユニットと組み合わせると、タイミング ジッタ <100 fs を実現できます。また、ピエゾは、顧客が用意した電子機器で駆動することもできます。

### 繰り返しレートとパルスタイミングのアクティブロック

TL-1000 は、残留タイミングジッタ <100 fs で繰り返しレートを外部リファレンスに厳密に位相ロックできるオプションのサポートユニットです。

### venteon CEP5 の CEPLoQ™ テクノロジー

CEPLoQ™ テクノロジーは、AOM を使用せずにポンプ電力を直接調整して位相の安定化を維持します。これにより、応答が高速化され、より安定したものになります。venteon ファミリーは、サポート チームに接続してレーザーのパフォーマンスを監視し、機会を診断し、レーザーの最適化を実行できる Laser Quantum のソフトウェアと互換性があります。

### ポンプ電力変調

100 kHz を超える帯域幅と最大 ±1% の変調深度を持つポンプ電力への変調アクセスがフィードバックの目的で提供されます。

|               | venteon power | venteon ultra |
|---------------|---------------|---------------|
| フォトダイオードオプション | X             | X             |
| 繰り返し率安定化オプション | X             | X             |
| CEP安定化        | X             | X             |
| CEPゼロ安定化      |               | X             |

## VENTEON ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER SPECIFICATIONS

| 仕様*                        | venteon power   | venteon ultra  |
|----------------------------|-----------------|----------------|
| 平均出力                       | > 560 mW        | > 240 mW       |
| 中心波長 <sup>1</sup>          | 780 nm ± 30 nm  | 830 nm ± 30 nm |
| パルスエネルギー (@ 80 MHz)        | > 7 nJ          | > 3 nJ         |
| スペクトル帯域幅 (@ -10 dBc)       | > 200 nm        | > 380 nm       |
| パルス持続時間 (測定値) <sup>2</sup> | < 8 fs          | < 5.5 fs       |
| パルス持続時間 (FTL)              | < 7.5 fs        | < 5 fs         |
| RMSノイズ <sup>3</sup>        | < 0.1%          |                |
| ビーム径 <sup>4</sup>          | 0.8 mm ± 0.3 mm |                |
| 発散                         | < 3 mrad        |                |
| M <sup>2</sup>             | < 1.2           |                |
| 電力安定性 (24時間以内のRMS)         | < 1%            |                |
| 繰り返し率 <sup>5</sup>         | 80 MHz          |                |
| 偏光方向                       | 水平              |                |
| 偏光比                        | > 100:1         |                |
| 動作温度                       | 21° C ± 3° C    |                |
| ウォームアップタイム                 | < 20 Minutes    |                |
| 重量 (ヘッドのみ)                 | 33 kg           |                |

\* Laser Quantumは継続的な改善プログラムを実施しており、予告なしに仕様が改良されることがあります

1 スペクトル重心として測定

2 オプションの追加キャビティ分散補償を使用して実現

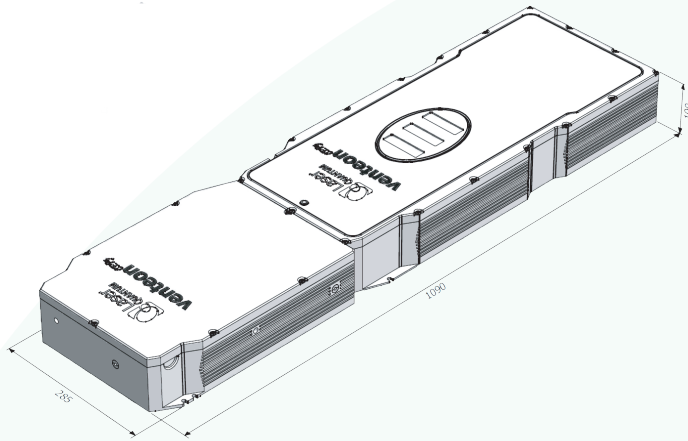
3 ノイズ帯域幅 1 Hz ~ 1 MHz

4 レーザー出口での FWHM ビーム径

5 繰り返し率の精度 +/-100 kHz。その他の繰り返し率はリクエストに応じて利用可能です

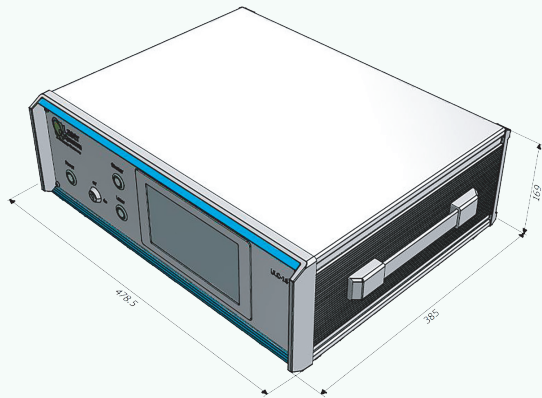
# VENTEON ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER

## 寸法 (mm)



図面は説明目的のみに使用されており、エンジニアの完全な図面についてはお問い合わせください。

## 電源ユニット



## 追加情報

- 重量 (ヘッドのみ) : 33 kg
- 冷却システム付属
- 2年間/5000時間 (PSU オン時間) の完全仕様保証

## CONTACT US

Americas, Asia Pacific  
Novanta Headquarters  
Bedford, USA  
P +1-781-266-5700

Photonics@Novanta.com

Europe, Middle East, Africa  
Novanta Europe GmbH  
Wackersdorf, Germany  
P +49 9431 7980

Milan, Italy  
P +39-039-793-710

Photonics@Novanta.com

China  
Novanta Sales & Service Office  
Shenzhen, China  
P +86-755-8280-5395

Suzhou, China  
P +86-512-6283-7080

Photonics.China@Novanta.com

Japan  
Novanta Service & Sales Office  
Tokyo, Japan  
P +81-3-5753-2460

Photonics.Japan@Novanta.com



# VENTEON CEP5 ULTRAFast FEMTOSECOND LASER

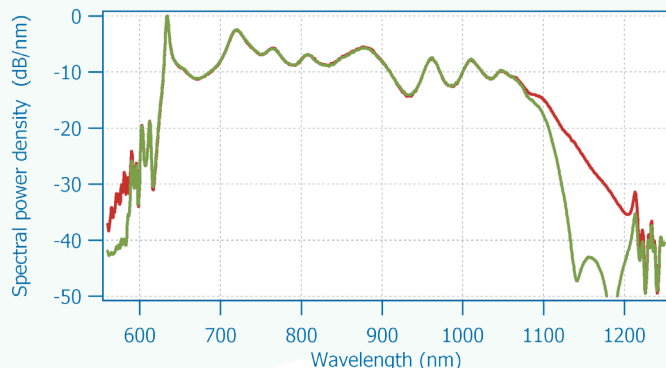
## VENTEON CEP5

venteon ultra 発振器は、5.5 fs をはるかに下回るフーリエ変換限界 (FTL) パルス持続時間を直接提供します。対応するオクターブスパン スペクトルは十分に広く、PCF または PPLN デバイスによる追加のスペクトル拡張なしでパルスを直接 CEP 安定化できます。

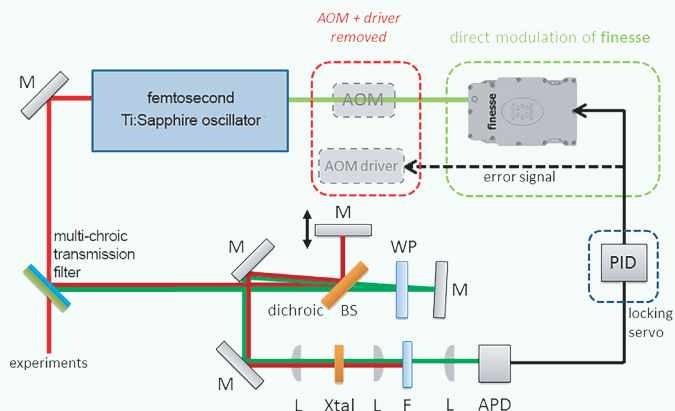
venteon f-to-2f 干渉計では、 $f$  と  $2f$  の成分が  $f$ -to- $2f$  ビートのオクターブスパン スペクトルからスペクトル的にフィルタリングされ、220 mW を超える出力と 5.5 fs 未満の FTL パルス持続時間が後続の実験に使用可能になります。これは、レーザー出力ビームを歪ませることなく CEP 安定化を実現し、優れた長期ロック性能を提供する最も自然で直接的かつ信頼性の高いアプローチです。

直接  $f$  から  $2f$  へのビートの利点に加えて、CEP 安定化のためのフィードバック信号を、発振器の前または後に配置された音響光学変調器ではなく、CEPLoQ™ テクノロジを使用してポンプレーザーに直接適用できます。これは、ポンプレーザーの  $\pm 1\%$  の電力変調を直接制御することで実現され、DC から 1 MHz の範囲を 700 kHz まで 90 度以上の位相動作でカバーし、従来の方法よりも安定したロック帯域幅を実現します。

これら 2 つの革新的な技術を組み合わせることで、現在可能な最も直接的で自然な方式を使用した CEP 安定化レーザーが実現します。コンパクトなハウジング内で、影響を受けない高品質の出力ビームで 6 fs 未満のパルスが実現し、メンテナンスが最小限で済みます。



venteon ultra 発振器の出力スペクトル (赤) と venteon CEP5 レーザーの CEP 安定化出力スペクトル (緑)。スペクトル ウィングはフィルタリングされ、CEP 安定化に使用されます。



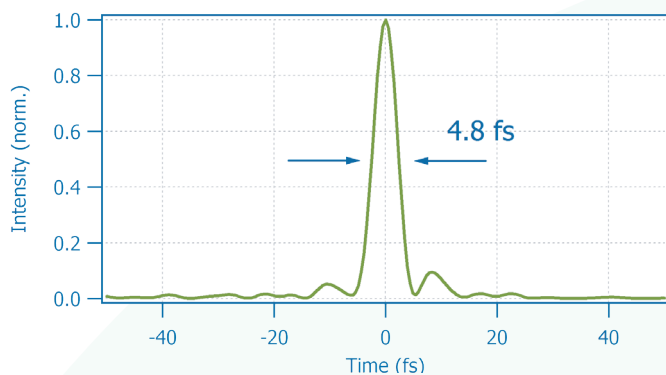
CEPLoQ™ 技術を使用したポンプレーザーによる CEP5 ロック方式の概略図

## 典型的な VENTEON CEP5 データ

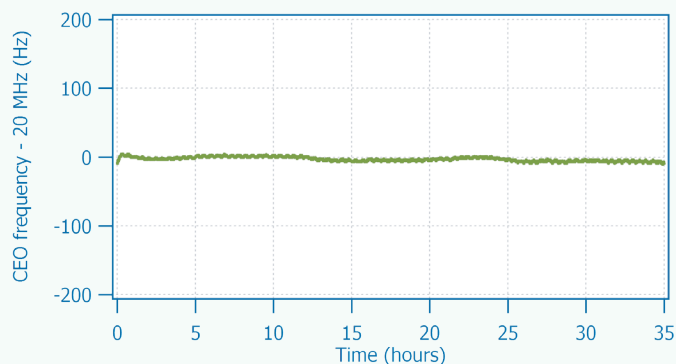
Venteon CEP5 レーザーのモジュール化により、Venteon Ultra 発振器と Venteon F-to-2F モジュールを簡単に分離できます。CEP 安定化が不要な場合は、Venteon F-to-2F 干渉計モジュールを取り外して、発振器の全特性を実験に使用できます。これにより、多くの超高速アプリケーションで最大限の柔軟性が確保されます。

Laser Quantum は、パルス持続時間の報告を明確にし、数値がフーリエ変換計算に基づく理論値なのか、SPIDER 技術と計測器を使用して実際に測定された持続時間なのかを詳細に説明します。venteon CEP5 レーザーの場合、フーリエ変換仕様は 5.5 fs 未満で、測定されたパルスは 6 fs です。これら 2 つの値の差が小さいことは、レーザーの優れた位相制御を実証しています。

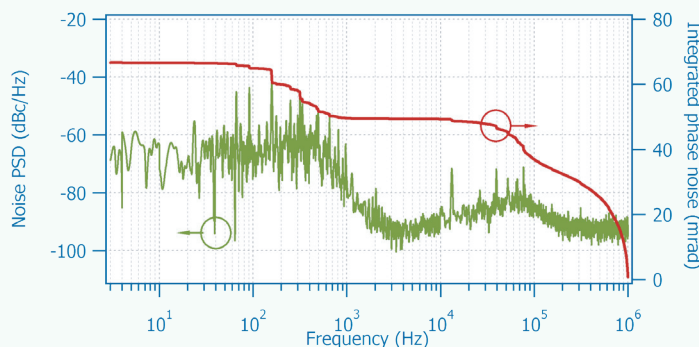
# VENTEON CEP5 ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER



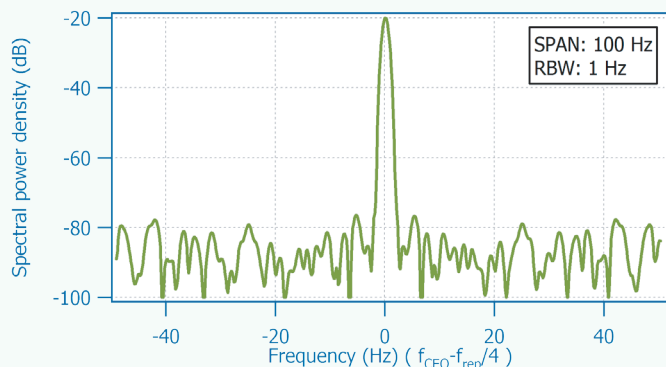
外部パルス圧縮後に SPIDER で測定した、典型的な Venteon CEP5 出力パルス



キャリア エンベロープ オフセット周波数の長期追跡。  
繰り返し率の 4 分の 1 にロックされます。  
自動分散制御により、venteon CEP5 は数日間にわたって CEP をロックした状態で動作できます。



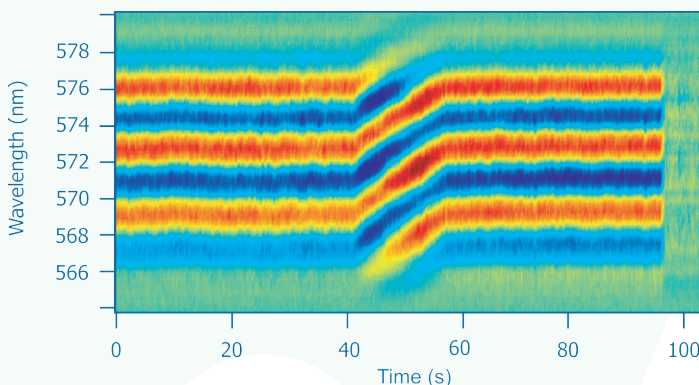
68 mrad を特徴とするキャリア エンベロープ オフセット ビート信号の  
統合位相ノイズ(1 MHz - 3 Hz)



1 Hz の解像度帯域幅を備えた、拡大表示された安定化キャリア エンベロープ オフセット信号

## オプションとアップグレード

Venteon CEP5 は、CEPzero オプション付きで注文できます。これにより、キャリア エンベロープ オフセット周波数がゼロに安定し、一定の CE 位相 (標準構成では 4 分の 1) のパルス列が生成されます。このシステムにより、高度なパルスピッキングを必要とせずに、発振器のフル パワーと繰り返しレートでフィールド感度の高い実験が可能になります。



1011 個の発振器パルスのループ外測定干渉は、優れた CEP ロックを証明しています。  
CEP は、写真の中央部分に示すように、キャビティ外ビームにガラス ウェッジを挿入することで調整されます。

## 関連システム

venteonデュアルレーザーは、ブロードバンド数サイクル OPCPAアプリケーションに最適なフロントエンドです。このレーザーのスペクトル帯域幅により、NOPA ステージの信号としてブロードバンド (<5.5 fs) パルスを生成でき、さらに Yb ベースのアンブ ポンプ ステージに供給するのに十分なパルスエネルギーも得られます。パルスは 2 つの独立した出力ポートから提供され、超低タイミング ジッターで本質的に自己同期されます。CEP 安定 OPCPA を実現するために CEP 安定化レーザー システムが必要な場合は、venteon デュアル レーザー システムを CEP5 安定化技術とパフォーマンスを備えた CEP オプション付きで注文できます。

PST オプション: 繰り返し率の安定化のための準備。  
キャビティの長さや繰り返し率の微調整を可能にする低速および高速ピエゾ モーター ユニットが含まれます。

TL-1000 タイミング安定化: レーザー システムの完全なタイミング安定化には、  
ロックエレクトロニクス、フォトダイオード、  
RFアナライザー、オシロスコープが必要です。  
(PST オプションが必要)

## VENTEON ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER SPECIFICATIONS

| 仕様*                             | venteon CEP5                                 |
|---------------------------------|--|
| 平均出力                            | > 220 mW                                     |
| 中心波長 <sup>1</sup>               | 830 nm ± 30 nm                               |
| パルスエネルギー (@ 80 MHz)             | > 2.75 nJ                                    |
| スペクトル帯域幅 (@ -10 dBc)            | > 300 nm                                     |
| パルス持続時間 (測定値)                   | < 6 fs                                       |
| パルス持続時間 (FTL)                   | < 5.5 fs                                     |
| RMSノイズ                          | < 0.05%                                      |
| ビーム径 <sup>4</sup>               | 1.2 mm ± 0.3 mm                              |
| 発散                              | < 3 mrad                                     |
| M <sup>2</sup>                  | < 1.2  |
| 電力安定性 (24時間以内のRMS)              | < 1%   |
| 繰り返し率 <sup>5</sup>              | 80 MHz                                       |
| fceo-Beat の SNR (@ 100 kHz RBW) | > 30 dB (> 27 dB with CEP Zero Option)       |
| CEP位相ノイズ <sup>6</sup>           | < 100 mrad (< 150 mrad with CEP Zero Option) |
| 偏光方向                            | 水平   |
| 偏光比                             | > 100:1                                      |
| 動作温度                            | 21° C ± 3° C                                 |
| ウォームアップタイム                      | < 20 Minutes                                 |
| 重量 (ヘッドのみ)                      | 30 kg  |

\* Laser Quantumは継続的な改善プログラムを実施しており、予告なしに仕様が改良されることがあります

1 スペクトル重心として測定

2 オプションの追加キャビティ分散補償を使用して達成

3 ノイズ帯域幅 1 Hz ~ 1 MHz

4 レーザー出口での FWHM ビーム径

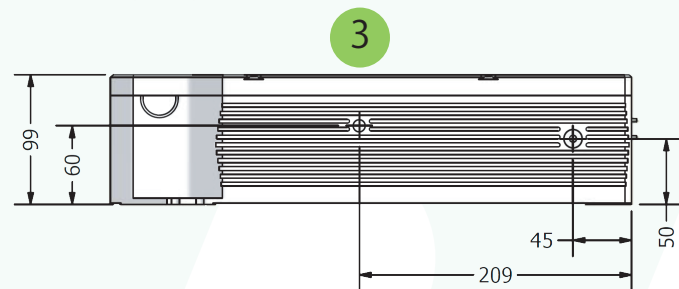
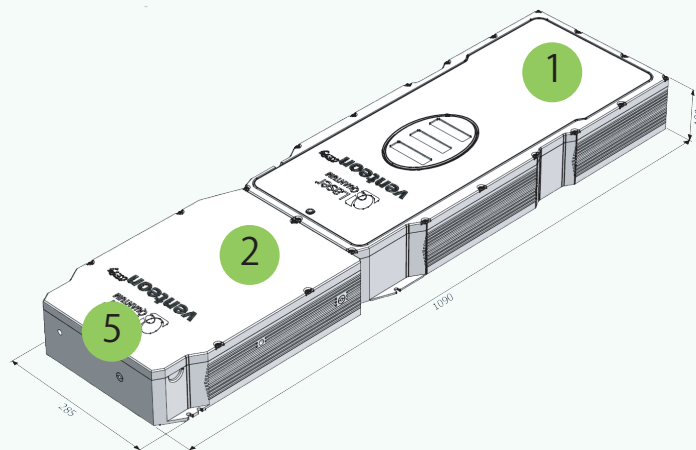
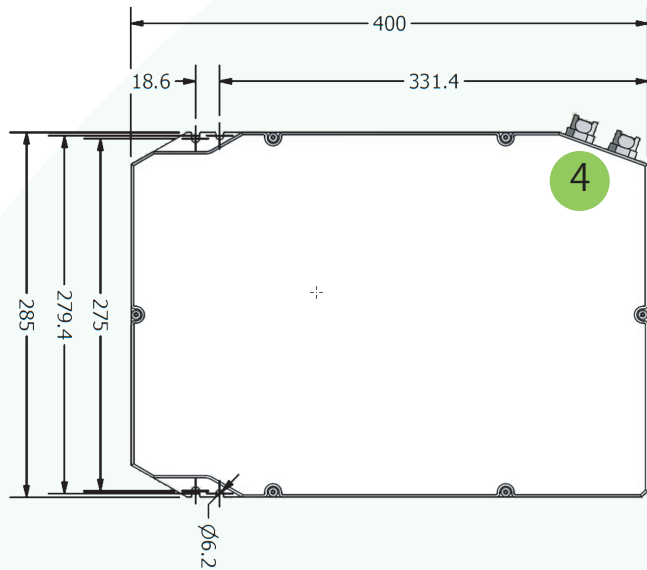
5 繰り返しレート精度 +/-100 kHz。その他の繰り返しレートはリクエストに応じて利用可能

6 ノイズ帯域幅 3 Hz ~ 1 MHz、RF サイドバンド解析から取得

# VENTEON CEP5 ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER

## 寸法 (mm)

- 1 - venteon 発振器
- 2 - venteon モジュール
- 3 - ブロードバンド出力
- 4 - 電気および水接続
- 5 - 代替前面出力 (注文時に選択)



図面は説明目的のみに使用されており、  
完全なエンジニア図面についてはお問い合わせください

## 追加情報

- 重量 (ヘッド + f-to-2f モジュールのみ): 47 kg
- 冷却システム付属
- 2年間/5000時間 (PSU オン時間) の完全仕様保証
- ロック エレクトロニクス付属
- 必要なすべての測定機器付属 (オシロスコープ、RF アナライザー)
- CEPLoQ™ テクノロジーにより、AOM を使用せずにポンプ電力を直接変調して位相安定化を維持し、従来の方法よりも高速な応答が可能になります。
- venteon CEP5 レーザー システムには、リモート スタート、調整、分散制御などのリモート コントロール機能が備わっています。付属のユーザー コントロール ソフトウェアと併用することで、レーザー システムを手動で操作することなく、日常的に操作、監視、保守できます。インストール後、当社のサービス エンジニアがレーザー システムとすべての関連コンポーネントに関する詳細なトレーニングを提供します。サービスが必要な場合は、ユーザー コントロール ソフトウェアを使用して、当社のサービス エンジニアがレーザー システムに接続し、レーザーをリモートでチェックして最適化できるため、迅速かつ効率的なヘルプとサポートが保証されます。

# VENTEON DUAL ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER

## VENTEON DUAL

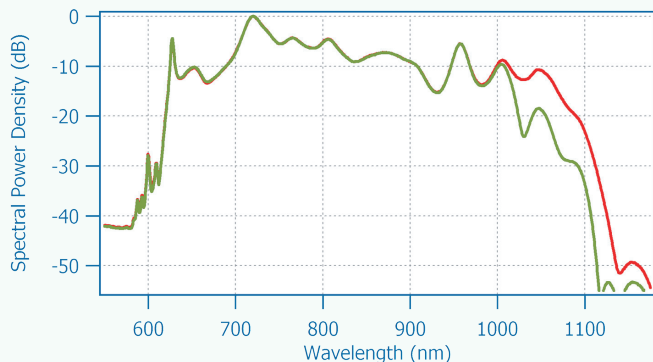
venteon dual は、広帯域数サイクル光パラメトリックチャープパルス増幅器 (OPCPA) アプリケーションに最適なフロントエンドです。このレーザーのスペクトル帯域幅により、後続の NOPA ステージの信号として広帯域 (<6 fs) パルスを生成でき、Yb ベースの増幅器ポンプステージにシードするのに十分な追加のパルス エネルギーを提供します。パルスは 2 つの個別の出力ポートから送信され、超低タイミング ジッターで本質的に自己同期されます。

最初の出力は、広帯域信号パルスと持続時間 <6 fs を提供します。パルスは、venteon CEP5 レーザーシステムの標準的な性能で、オプションで CEP 安定化できます。

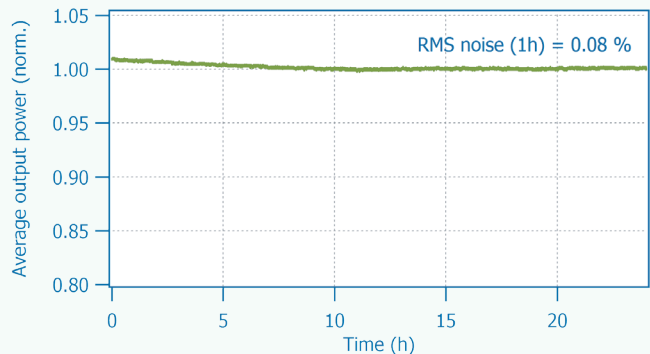
1030 nm の 2 番目の出力は、追加の広がりなしで、約 10 nm (FWHM) のスペクトル帯域幅で 625 pJ を供給し、ポンプ アンプの狭帯域シードとして最適です。この出力は、オプションで事前増幅して注文でき、エネルギーが 1 nJ を超えるパルスを供給します。

Laser Quantum は、パルス持続時間の報告を明確にし、数値がフーリエ変換計算に基づく理論値なのか、SPIDER 技術と計測器を使用して実際に測定された持続時間なのかを詳細に説明しています。venteon dual の場合、フーリエ変換仕様は <5.5 fs で、測定されたパルスは <6 fs です。これら 2 つの値の差が小さいことは、レーザーの優れた位相制御を実証しています。

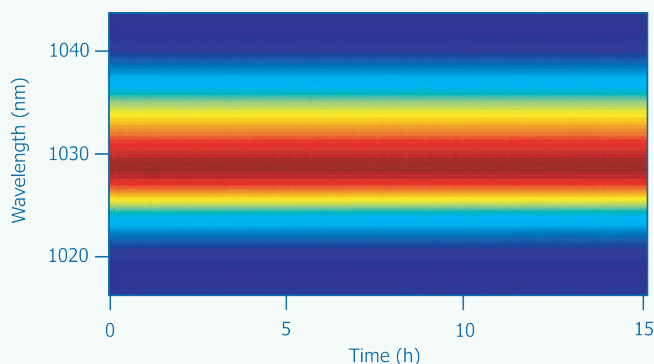
## TYPICAL VENTEON DUAL DATA



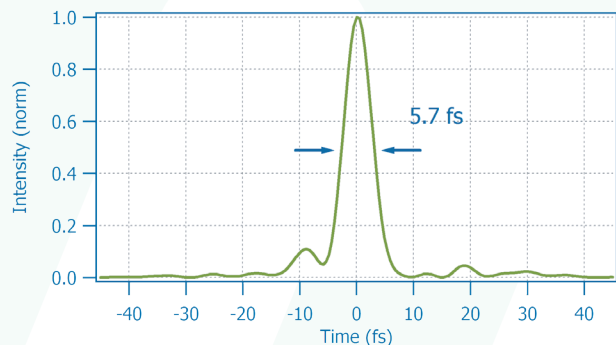
典型的な Venteon デュアル使用可能出力スペクトル (緑) と、1030 nm シード放射のフィルタリングなしのスペクトル (赤)。



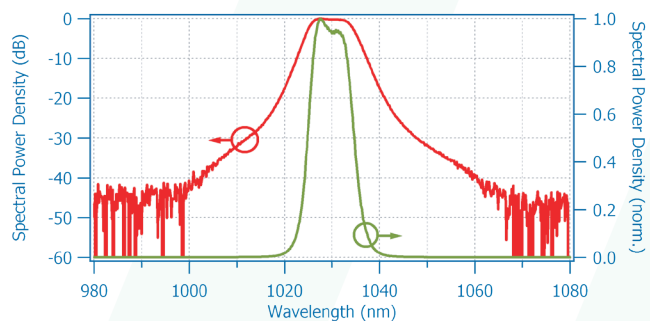
venteon dual レーザー システムのブロードバンド出力の 24 時間にわたる長期追跡を示します。



1030 nm シード出力の 15 時間のスペクトル安定性を示します。測定はシングルモードファイバーを使用して実行されました。



venteon dual レーザー システムから放出される、SPIDER で測定された典型的な数サイクル パルス



1030 nm を中心とするバンドパス フィルターを適用した Venteon dual レーザー システムによって提供される 1030 nm シード スペクトル。対数スケール (赤) と線形スケール (緑) で表示されます。

## VENTEON DUAL ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER SPECIFICATIONS

| 仕様*                           | venteon Dual    |
|-------------------------------|-----------------|
| 平均出力                          | > 220 mW        |
| 中心波長 <sup>1</sup>             | 830 nm ± 30 nm  |
| パルスエネルギー (@ 80 MHz)           | > 2.75 nJ       |
| スペクトル帯域幅 (@ -10 dBc)          | > 300 nm        |
| パルス持続時間 (測定値) <sup>2</sup>    | < 6 fs          |
| パルス持続時間 (FTL)                 | < 5.5 fs        |
| RMSノイズ <sup>3</sup>           | < 0.1%          |
| ビーム径 <sup>4</sup>             | 1.2 mm ± 0.3 mm |
| 発散                            | < 3 mrad        |
| M <sup>2</sup>                | < 1.2           |
| 出力安定性 (24時間以内のRMS)            | < 1%            |
| 繰り返し率 <sup>5</sup>            | 80 MHz          |
| 1030 nm 出力平均パワー <sup>6</sup>  | > 0.5 mW        |
| 1030 nm 出力パルスエネルギー            | > 6.25 pJ       |
| 1030 nm 出力パルス持続時間 (FTL)       | < 250 fs        |
| 1030 nm 出力RMSノイズ <sup>3</sup> | 0.5%            |
| 偏光方向                          | 水平              |
| 偏光比                           | > 100:1         |
| 動作温度                          | 21° C ± 3° C    |
| ウォームアップ時間                     | < 20 Minutes    |
| 重量 (ヘッドのみ)                    | 33 kg           |

\* Laser Quantumは継続的な改善プログラムを実施しており、予告なしに仕様が改良されることがあります

1 スペクトル重心として測定

2 オプションの追加キャビティ分散補償を使用して実現

3 ノイズ帯域幅 1 Hz ~ 1 MHz

4 レーザー出口における FWHM ビーム径

5 繰り返しレート精度 +/-100 kHz。その他の繰り返しレートもリクエストに応じて利用可能です

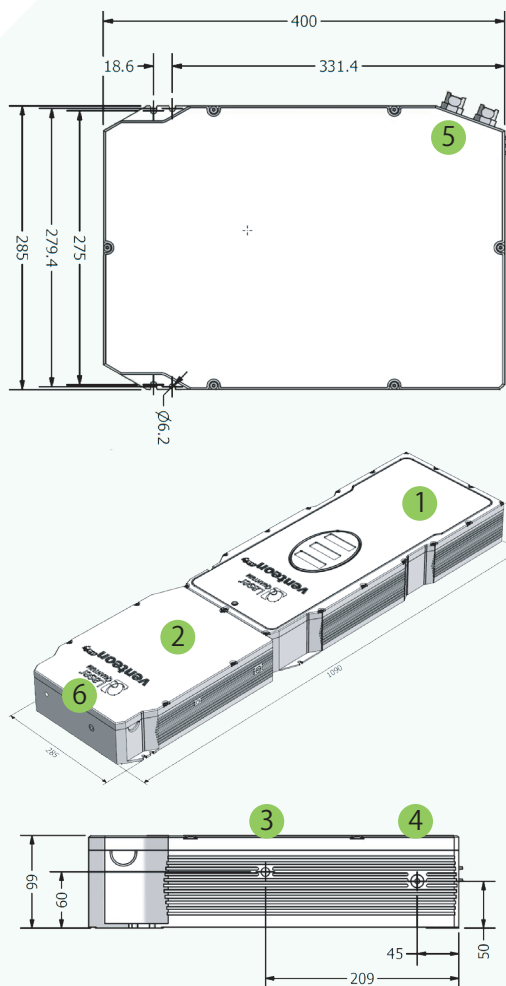
6 シングルモードファイバー結合後に測定



# VENTEON DUAL ULTRAFAST FEMTOSECOND LASER

## 寸法

- 1 - venteon 発振器
- 2 - venteon モジュール
- 3 - 広帯域出力
- 4 - ファイバー結合 130 nm 出力
- 5 - 電気および水接続
- 6 - 代替前面出力 (注文時に選択)



図面は説明目的のみに使用されており、完全なエンジニア図面についてはお問い合わせください。

## 追加情報

- 重量 (ヘッド + f-to-2f モジュールのみ) : 47 kg
- 冷却システム付属
- 2年間/5000時間 (電源ユニットのオン時間) の完全仕様保証

## オプションとアップグレード

- CEP 対応: ポンプ レーザーとコンポーネントを組み込んで、将来の CEP 安定化アップグレードを可能にします。
- CEP アップグレード: f-2f 干渉計を含む CEP 安定化出力へのアップグレード。(CEP 対応オプションが必要)  
平均出力は 180 mW に低下します。  
CEP ロックの仕様は CEP5 レーザー システムと同様です。
- PST オプション: 繰り返し率の安定化の準備。これには、キャビティ長と繰り返し率の微調整を追加するための低速および高速ピエゾ モーター ユニットが含まれます。
- TL-1000 タイミング安定化: レーザー システムの完全なタイミング安定化に必要なロック エレクトロニクス、フォトダイオード、RF アナライザー、オシロスコープ (PST オプションが必要)

## CONTACT US

Americas, Asia Pacific  
Novanta Headquarters  
Bedford, USA  
P +1-781-266-5700

Photonics@Novanta.com

Europe, Middle East, Africa  
Novanta Europe GmbH  
Wackersdorf, Germany  
P +49 9431 7980

Milan, Italy  
P +39-039-793-710

Photonics@Novanta.com

China  
Novanta Sales & Service Office  
Shenzhen, China  
P +86-755-8280-5395

Suzhou, China  
P +86-512-6283-7080

Photonics.China@Novanta.com

Japan  
Novanta Service & Sales Office  
Tokyo, Japan  
P +81-3-5753-2460

Photonics.Japan@Novanta.com

Copyright 2024 © Novanta Corporation. All rights reserved. Specifications subject to change without notice

[www.NovantaPhotonics.com](http://www.NovantaPhotonics.com)

**PNEUM**  
フネウム株式会社

TEL: 048-985-2720  
Mail: [contact@pneum.co.jp](mailto:contact@pneum.co.jp)  
担当: 菅野

