

フィラメンテーション法で発生した高繰り返し周波数 中赤外超短パルス出力パワー安定性

Output power stability of high repetition rate mid-infrared ultrashort pulse generated using a filamentation method

豊田工大¹, 國立交大² 趙越¹, 黄威紘^{1,2}, 草間翔太¹, 羅志偉², 藤貴夫¹

Toyota Technological Institute¹, National Chiao Tung Univ.²

Yue Zhao¹, Wei-Hong Huang^{1,2}, Shota Kusama¹, Chih-Wei Luo², Takao Fuji^{1,*}

E-mail: zhaoyue@toyota-ti.ac.jp

中赤外 (MIR) パルスを生成する方法は差周波発生、光パラメトリック増幅、スーパーコンテニューム光発生、レーザー誘起プラズマフィラメンテーションなどが挙げられる。レーザー誘起プラズマフィラメンテーションは気体媒質を用いるため、液体や固体に比べ、群速度の分散が小さく、短いパルスの発生に向いている。フィラメントは、カー効果による自己収束とプラズマによる自己発散の繰り返しによって、レイリー長よりもはるかに長いプラズマチャンネルが生成し、安定した伝搬路が形成する。

我々は、繰り返し周波数 10 kHz の Ti:sapphire レーザーの基本波と第二高調波を気体窒素中に同軸で集光し、誘起されたフィラメントを用いて、パルスあたりの出力エネルギー 0.42 μJ 、4.90–43.1 μm の広いバンドをもつパルス幅 13.7 fs のサブハーフサイクルパルスを発生させた。一方、繰り返し周波数 10 kHz において、Ti:sapphire レーザーシステムのパルス間の出力パワー安定性は約 0.8%と測定したが、MIR パルス間の出力パワー安定性は 6.7%と測定した。イオン化した窒素の緩和時間は数百マイクロ秒であるため、この時間スケールは、10 kHz の繰り返し周波数に非常に近い。その結果、イオン化による媒質の屈折率の揺らぎは次のパルスに影響を与える。理想的には、すべてのパラメータが固定されている場合、フィラメンテーションは、そのような高い繰り返し周波数においても動的平衡状態に達する。しかしながら、我々の実験結果では、数百ミリ秒の時間スケールで出力パワー変動が観察された。その不安定な状態は、周期性がなく、約 500 ms の間で維持する。つまり、我々の実験条件では、10 kHz において平衡状態に達していない。一方、再生増幅器のポッケルスセルの周波数を変えて光源システムの繰り返しレートを 5 kHz に下げると、MIR パルスの強度は安定した (~4%)。繰り返し周波数 10 kHz におけるランダムに発生する変動は、入力パルスの高い繰り返し周波数によって引き起こされるものであると考えている。

本研究では、高速カメラを用いて繰り返し周波数 5 kHz と 10 kHz のとき、フィラメントにおける屈折率の揺らぎを観測し、比較した。ここで、それらの結果について考察し、報告する。

<謝辞>

本研究は、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) JPMJCR17N5 の助成を受けて実施された。