

## 電子密度測定によるレーザーフィラメント生成機構の解明

Investigation of mechanism of laser filamentation by electron density measurements

## Objectives

極短高強度レーザーを集光して発生するフィラメント中では、高密度のプラズマコラムにおける非線形光学効果によって、可視・紫外光だけでなく中赤外からテラヘルツ波まで非常に幅広い周波数の光が発生することが最近明らかになっている。レーザーフィラメント発生機構を明らかにするため、極短パルスを集光して発生したフィラメントにおけるプラズマ電子密度分布を、テラヘルツ光パルスを用いて100マイクロメートル、1ピコ秒程度の空間ならびに時間分解能で計測を行う。フィラメント中の電子分布から、伝搬レーザー光において、媒質中自己収束効果とプラズマ電子による発散効果の繰り返し、数100ミリメートルにわたる長いフィラメントを形成するメカニズムの検証を行うとともに、レーザーフィラメントを用いた新しい分光用光源としての応用の可能性を探る。

Laser filaments generated by focusing ultrafast intense laser pulses ( $< 30$  fs) into a gas have been recognized as a useful light source, not only for visible and ultraviolet but also for mid-infrared and terahertz frequency regions. Using this technique, filaments of highly dense plasma over 100 m long can be produced. We have proposed a theoretical model of laser propagation in a filament, where the density of electrons was periodically arranged along the direction of laser propagation.

The goal of this investigation is to explore the spatial and temporal distribution of the electron density using techniques of terahertz spectroscopy with about 100  $\mu\text{m}$  spatial and 1 ps temporal resolution along the longitudinal and transverse directions for various input pulse conditions, such as frequency chirp, spatial mode, and so on. We would like to experimentally verify the propagation model of the laser filament, where effects of the self-focusing and plasma dispersion are balanced, resulting in the generation of a long, high-density plasma column, and also to apply the laser filament as a new compact light source for spectroscopy.

## Achievements

- 中空キャピラリーにフェムト秒レーザーパルスを導入し、集光条件等について検討を行った結果、Fig. 1 に示したとおり 250nm を超える帯域のスペクトルを得た。パルス圧縮の結果、予想される集光強度は 50  $\text{TW}/\text{cm}^2$  以上であり、レーザーフィラメント発生に十分な強度であることが分かった。現在 SPIDER を使ったスペクトル位相計測によりパルス幅を検証中である。
- フィラメント中の電子密度を測定するためのテラヘルツ分光装置を試作し、現在 E0 検出による高感度検出をテスト中である。
- Ultrafast laser pulses were focused into a hollow core capillary and generated over a 250 nm bandwidth. The focused intensity is estimated to be over 50  $\text{TW}/\text{cm}^2$  and sufficient for the generation of a laser filament. The temporal pulse width is currently being investigated.
- The setup for terahertz spectroscopy using a laser filament was prepared and high sensitivity electro-optic sampling detection is currently being tested.

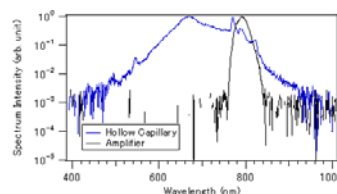


Fig. 1



Fig. 2

Fig. 1: Spectrum of hollow capillary output (Blue) and laser amplifier (Black).

Fig. 2: Setup for the electron density measurements.

## References

- 1) W. Liu, O. Kosareva, I.S. Golubtsov, A. Iwasaki, A. Becker, V.P. Kandidov, S.L. Chin, "Random deflection of the white light beam during self-focusing and filamentation of a femtosecond laser pulse in water", *Applied Physics B*, 76 215 (2003).
- 2) N. Akozbek, A. Iwasaki, A. Becker, M. Scalora, S.L. Chin, C.M. Bowden, "Third-harmonic generation and self-channeling in air using high-power femtosecond laser pulses", *Physical Review Letters*, 89, 143901 (2002).