

中空ファイバーを用いた真空紫外アルゴンエキシマ増幅器

岩崎達也*、甲藤正人*、窪寺昌一**、加来昌典*
(*宮崎大学、**創価大学)

1 はじめに

レーザー加工において、フェムト秒オーダーの超短パルス光を用いると材料の熱拡散時間よりもパルス幅が短いことから光エネルギーを有効に照射部に投入できるため、ナノ秒レーザーと比較して高精度な加工が可能となる。現在、汎用的なフェムト秒レーザーの発振波長は赤外域に限定されているが、レーザー加工のさらなる微細化のためには、波長の短波長化が有効的である。現在、赤外域の超短パルス光を短波長に変換するためには高調波発生が利用可能であるが、波長 200 nm 以下の真空紫外域よりも短い波長に変換するためには気体媒質を用いる必要がある。しかし、気体媒質を用いると変換効率が著しく低下するため実用的ではない。

そこで本研究では、赤外の超短パルスレーザーの高調波発生により発生した波長 126 nm の超短パルス真空紫外シード光を、もう一台の同期した赤外の超短パルスレーザーによる光電界電離励起によって生成したアルゴンエキシマを用いて増幅する超短パルス真空紫外レーザーを提案している[1]。光電界電離アルゴンエキシマを生成する際、励起レーザーをアルゴンガス中にレンズで集光すると励起長はレイリー長程度に制限されてしまう。

そこで現在、アルゴンエキシマ増幅器に中空ファイバーを導入し、アルゴンガスを封入した中空ファイバー内に励起レーザーを集光照射し、伝搬させることで利得長を伸長することを試みている。

2 実験方法

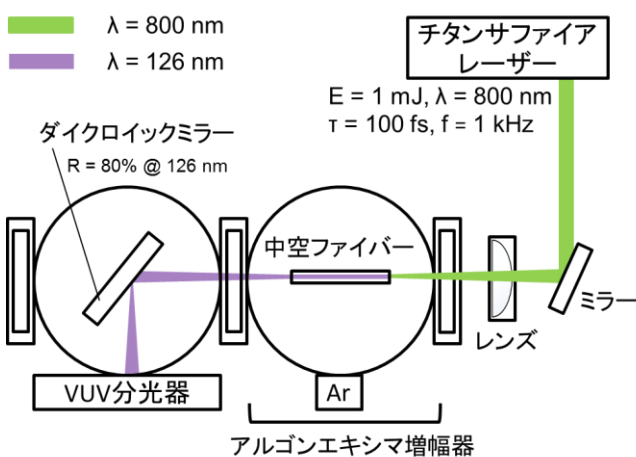


図 1 実験装置概略図

図 1 に実験装置概略図を示す。アルゴンを励起するためのレーザーとしてパルス幅 100 fs、出力エネルギー 1 mJ、波長 800 nm のチタンサファイアレーザーを用いた。中空ファイバーは内径 250 μm、長さ 10 cm のものを用いた。真空中で中空ファイバーの透過率は 82 %であった。

アルゴンガスを最大 1 MPa 封入した中空ファイバー内にチタンサファイアレーザーを集光照射する事で、利得媒質であるアルゴンエキシマを生成した。励起レーザーの集光

径は 70 μm 程度であり、集光強度は 10^{14} W/cm² 程度と見積もられた。この時、アルゴン原子は一価のアルゴンイオンに光電界電離され、低温、高密度のアルゴンプラズマが生成される。アルゴンエキシマはこのような非平衡プラズマ中で三体再結合過程により効率的に生成される[2]。

中空ファイバーから出射されたアルゴンエキシマの発光は、波長 126 nm 付近に 80% の反射率をもつダイクロイックミラーによって反射され、真空紫外分光器に導かれる。分光された光は、マルチチャンネルプレートによって時間積分スペクトルとして測定した。

3 実験結果・検討

ファイバーから出射されたアルゴンプラズマからの発光スペクトルは、波長 126 nm で発光強度が最大値となり、発光の波長幅は 10 nm (FWHM) 程度であった。これは、光電界電離によって生成されるアルゴンエキシマの典型的な発光スペクトル[2]であった。

図 2 に波長 126 nm におけるアルゴンエキシマ発光強度のアルゴンガス圧依存特性を示す。図 2 の破線で示すようにアルゴンエキシマの発光強度は、アルゴンガス圧増加に対し、およそ 1.9 乗に比例して増加していることがわかる。

この結果は、中空ファイバー中でアルゴン原子が光電界電離によって励起され、三体再結合過程 ($\text{Ar}^* + 2\text{Ar} \rightarrow \text{Ar}_2^* + \text{Ar}$) を主過程として生成されていることを示唆している。

今後は、励起レーザーの中空ファイバーへの入射条件の最適化を図るとともに、中空ファイバーを用いた際の利得の検討を行い、高調波発生による波長 126 nm の増幅実験を行う予定である。

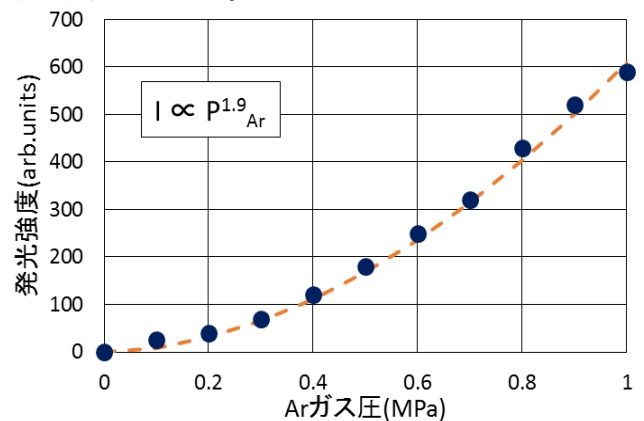


図 2 アルゴンエキシマ発光強度のガス圧依存特性

参考文献

- [1] S. Kubodera, et al., *Proc. SPIE* **6452**, 645216 (2007).
- [2] M. Kaku, et al., *Phys. Rev. A* **68**, 023803 (2003).