紫外レーザーによる放電誘導の実験的検証

正員 三木 恵 (電力中研)
正員 和田 淳 (電力中研)

Experimental Study of Electrical Discharge Guided by UV Laser Radiation

Megumu Miki, Member, Atsushi Wada, Member (CRIEPI)

キーワード：放電誘導，レーザー誘雷，紫外レーザー，レーザー生成プラズマ，気中放電

レーザー誘雷の基礎研究として，紫外レーザーを用いて放電を誘発させる実験は既に幾つか行われている。しかし，その多くは紫外レーザーを短焦点のレンズで集光し，焦点付近の一点に強電離プラズマを生成することによって放電をトリガさせる実験である。一方，放電路をガイドする方法として，紫外レーザーを長焦点のレンズにより集光し，弱電離のプラズマチャンネルを長い距離にわたり均一に生成する方法が提案されている⁽¹⁾。しかし，この手法に関しては気中では数十 mm のギャップにおいてその効果の確認がなされているのみであり，その基礎的な特性はほとんど解明されていないのが現状である⁽²⁾⁽³⁾。

著者らはエキシマレーザーを用いて，連続のプラズマチャンネルを生成し，最大で 250 mm の距離にわたって放電路をガイドすることに成功した。また，このガイド効果の極性効果や接続時間について調べたので報告する。

図 1 に実験装置の配置を示す。電極構成は棒対棒ギャップとし，二つの電極間の直線距離が 320 mm，水平に 300 mm 離れている。使用したエキシマレーザーは注入同期型の krF レーザ(波長 248 nm)であり，ビーム発散角は 0.2 mrad(全角)である。パルスエネルギーは約 600 mJ に設定して実験を行った。レーザーを焦点距離 1 m のレンズを用いて集光することにより，ギャップ中にプラズマチャンネルを生成した。放電はレーザー照射後，上部棒電極に標準雷

インパルス電圧を印加して発生させた。正極性の実験では 200 kV，負極性の実験では 220 kV の一定電圧を印加した。

(a) krF レーザにより生成したプラズマチャンネル

(b) krF レーザによりガイドされた放電

(c) レーザを照射しない通常の放電

図 1 実験装置

Fig. 1. Schematic diagram of experimental system.

図 2 krF レーザによりガイドされた気中放電
Fig. 2. Still photographs of discharges guided by krF laser in atmosphere.

図3 krFレーザによりガイドされた放電の遅れ時間特性

Fig.3. Delay time characteristics of discharge guided by krF laser.

図2(a)にレーザで生成されたプラズマチャネルを示す。プラズマチャネルの発光は暗いので、レーザを10回照射して生成されたプラズマを重ねどりしている。これより、krFレーザで生成されたプラズマはCO₂レーザのような赤外レーザで生成される離散的なプラズマとはその様相が大きく異なっているのがわかる。その形状は縦3mm、横1mmの角柱であり、ギャップの水平距離300mmのほぼ全域で生じている。(b)図にプラズマにガイドされた放電の静止写真、(c)図にレーザを照射しなかった場合の放電の静止写真を示す。(b),(c)図は負極性電圧印加の結果である。放電がガイドされた部分は放電チャネル表面の乱れがなく、完全に直線状になっている。最も長く放電がプラズマにガイドされた場合の長さは正極性放電で200mm、負極性放電で250mmであった。

ガイド効果の接続時間を表す特性を図3に示す。遅れ時間とはレーザを照射してから電圧を印加するまでの時間である。ガイド効率とは、プラズマチャネルにガイドされた放電の直線部分の長さをギャップの水平距離300mmで割ったものである。図の値は36回の試行の平均値である。図3より、ガイド効率は正負いずれの極性の電圧を印加したときも10μs程度まで一定であり、その後急速に減少する。これはプラズマが放電をガイドする効果を10μs維持することを示している。また、この図は正極性の放電よりも負極性のほうがガイド効率が高く、放電がガイドされやすいことを示している。ただし、赤外レーザによるプラズ

マとは異なり、正極性の放電でも遅れ時間が適切ならば一定のガイド効果が確認できた。

今回の実験により、レーザ照射後10μs以内に電圧を印加すれば、600mJのkrFレーザにより200mm程度ならば、極性にかかわらず放電のガイドが可能であることが示された。冬季雷の場合、誘雷に必要なプラズマチャネルは約100mと考えられている。単純に外挿すれば、放電のガイドが可能なプラズマチャネルを100m生成するのに必要なレーザエネルギーは300Jとなり、赤外レーザで現在想定している誘雷用レーザより1桁低くなる。

以上より、紫外レーザは効率的なレーザ誘雷の一手法になりえると考えられる。今後ガイド効果のメカニズムの解明とともに数十J級のレーザによる大規模な実験が期待される。
(平成6年5月24日受付)

文 献

- (1) 中村・鈴木・山部・堀井:「紫外光レーザを用いたレーザ誘雷の基礎的検討」, 電学論B, **113**, 1265 (平5-11)
- (2) 久保・板谷・松村:「レーザ誘雷に関する基礎研究」, 同上A, **112**, 620 (平4-7)
- (3) 池上・垣内・蛸原・赤崎・園田:「エキシマレーザによる放電誘導実験(V)」, 電気学会放電高電圧合同研資, ED-93-56; HV-93-18 (平-6)

三 木 恵 (正員) 1987年3月早稲田大学電気工学科卒業。1989年3月同大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年(財)電力中央研究所に入所、現在に至る。主として、レーザ誘雷の研究に従事。

和 田 淳 (正員) 1990年3月名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程満了。同大学工学部電気工学科助手を経て、現在、(財)電力中央研究所勤務。主として、雷放電現象の研究に従事。工学博士。