

氏名	じん の まさ ふみ 神 野 雅 文
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1645 号
学位授与の日付	平成 9 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科電気工学専攻
学位論文題目	Triggering and Guiding Electrical Discharge, and Plasma Formation by Superposition of Laser Beams—A Fundamental Study on the Controlled Inducing of Lightning— (レーザの重畳による放電の誘発・誘導とプラズマの生成——レーザ誘雷の基礎研究——)
論文調査委員	(主査) 教授 橋 邦 英 教授 宅 間 董 教授 藤 田 茂 夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、大出力レーザの開発にともなって、雷害防止技術としてレーザ誘雷の研究が行われている。本論文は、新しいレーザ誘雷法として、複数のレーザビームを交差させて使用するクロスビーム方式の誘雷法を提案し、その基礎的研究として、同種および異種のレーザビームの重畳によるプラズマの生成および放電の誘発・誘導に関する実験と考察を行い、その成果を取りまとめたものである。

第 1 章では、本研究の背景として、レーザによるプラズマの生成、レーザ生成プラズマによる放電の誘発と誘導、レーザ誘雷の研究の現状と課題について概説した上で、クロスビームレーザ誘雷の基本概念を着想した経緯を説明し、本研究の意義および目的をまとめている。

第 2 章では、XeCl レーザと CO<sub>2</sub> レーザを用い、各々単独ではプラズマを生成しないパワーレベルのレーザを重畳することにより、プラズマ生成が可能であることを、同波長および異波長の各組合せにおいて示している。さらに、XeCl レーザと CO<sub>2</sub> レーザを重畳した場合、前者が初期電子を生成し、後者がこれを加熱するという相乗的な機構により、プラズマ生成に必要なレーザパワーが低減し、効率的なプラズマ生成が可能であることを示している。

第 3 章では、XeCl レーザとマイクロ波を用い、レーザとマイクロ波の重畳によっても、プラズマの生成が可能であることを示している。さらに、等価回路を用いたマイクロ波回路の解析を行い、XeCl レーザの重畳によりプラズマ生成に必要なマイクロ波電力は、マイクロ波単独でプラズマを生成する時の 8% にまで低下するという結果を得て、マイクロ波とレーザの重畳がプラズマを生成に有効であることを示している。

第 4 章では、直流電圧を印加した球対球電極間に XeCl レーザを照射してプラズマを生成し、放電誘発実験を行っている。その結果、誘発された放電の経路(放電路)がプラズマを通る場合と通らない場合があり、そのとき両者で放電電流波形が明確に異なっていることを見出し、放電誘発機構が異なっていることを示唆する結果を得ている。また、酸素と窒素の混合気体中で放電誘発実験を行い、酸素が混合気中に含まれる場合には、レーザ照射から火花放電に至るまでの放電誘発遅れ時間が、ある印加電圧を境としてそれを越えると急激に一桁から二桁程度短くなり、“遅い放電”と“早い放電”の二つの領域に別れることを見出した。“遅い放電”領域での放電誘発遅れ時間は酸素負イオン(O<sup>-</sup>およびO<sub>2</sub><sup>-</sup>)の電極間走行時間に一致し、“早い放電”領域のそれは、電極間印加電圧の上昇とともに、電子の電極間走行時間に漸近することを示し、さらに、酸素原子負イオンO<sup>-</sup>と酸素分子負イオンO<sub>2</sub><sup>-</sup>の電子衝突による実効電子脱離断面積の電極間印加電圧依存性を計算により求め、O<sup>-</sup>の電子脱離が急激に増加する電圧と、放電誘発遅れ時間の跳躍が生じる電圧が一致するという結果を導出している。これらのことから、放電誘発遅れ時間の跳躍は電極間電圧の増加にともなって、電極間を走行する粒子が重い負イオンであるO<sup>-</sup>から、その電子脱離によって生成した軽い電子に交替するために生じることを明らかにしている。

第 5 章では、レーザ光路上の電荷測定により、XeCl レーザは光路上に非発光の弱電離路を生成するが、CO<sub>2</sub> レーザはこ

れを生成しないことを明らかにし、XeCl レーザと CO<sub>2</sub> レーザの併用により XeCl レーザの非発光電離路の放電誘導効果を積極的に利用した放電誘導実験を行っている。その結果、放電の誘発にはプラズマの生成が有効であるが、そのとき誘発された放電路は非発光電離路に添って誘導することが可能であることを示した。前章までの結果と合わせて、波長の異なるレーザーやマイクロ波を組み合わせて使用する方法がレーザー誘雷に効率的であることを実証し、それに基づいたハイブリッドクロスビームレーザー誘雷法を提案している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を総括し、今後の課題と将来の展望を述べている。

### 論文審査の結果の要旨

レーザー誘雷は雷害防止技術として期待されているが、従来の方法では大出力レーザーを必要とするという技術的な問題がある。本論文では、複数のレーザービームを重畳することにより、レーザー発振器一台あたりに必要なレーザー出力を低減することを可能にする新しいクロスビームレーザー誘雷法を提案し、その基礎研究として、紫外域 XeCl レーザ、赤外域 CO<sub>2</sub> レーザ並びにマイクロ波を用いて、これらの重畳によるプラズマの生成と、生成されたプラズマによる放電の誘発・誘導に関する実験と考察を行ったものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 各々単独ではプラズマを生成しないパワーレベルのレーザービームを重畳することにより、プラズマの生成が可能であることを、同波長および異波長のレーザーの各組合せにおいて示した。

2. XeCl レーザと CO<sub>2</sub> レーザを重畳した場合、前者が初期電子を生成し、これを後者が加熱するという相乗的な機構により、プラズマ生成に必要なレーザーパワーが低減し、効率的なプラズマ生成が可能となり、また、XeCl レーザにマイクロ波を重畳した場合にはこの相乗効果が大きくなり、マイクロ波の必要電力が大幅に低減されることを示した。

3. 酸素と窒素の混合気体中で、放電誘発実験を行い、酸素が混合気中に含まれると、ある電極間印加電圧において放電遅れ時間に跳躍が生じることを見出した。そして、ある電界強度を越えると電極間を走行する荷電粒子が酸素負イオンから、衝突脱離により生じた電子に交替するという機構によりこの現象が生じることを明らかにした。

4. XeCl レーザはその光路上に非発光の電離路を生成することを示し、これを利用してレーザー誘発放電の放電路制御が可能であることを明らかにした。

以上要するに、本論文は、異波長のレーザービームの重畳がプラズマの生成、放電の誘発・誘導に有効であることを示し、その重畳効果を積極的に利用したハイブリッドクロスビームレーザー誘雷の方法を新しく提案したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成9年3月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。