

審査の結果の要旨

氏名 松本洋和

高電圧放電現象の機構解明は、電気絶縁技術、放電プラズマの産業応用等の観点からその重要性は非常に高い。放電機構の解明には放電空間中の物理量の定量的な情報が求められるが、従来の測定手法では必ずしも十分な計測が行えておらず、その手法の開発が必要である。本論文は放電現象において、重要な役割を果たす電界及び荷電粒子（電子、イオン）を対象とし、放電計測において空間分解能や時間分解能に優れ、放電空間に与える擾乱が小さいレーザを用いた手法に着目し、その計測手法の高度化手法を提案したもので、「放電現象レーザ応用計測の高度化」と題し、以下の5章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景である放電現象計測技術、電界及び電子密度のレーザ応用計測技術の現状及び本研究の目的について述べている。

第2章「ポッケルスセンサの広周波数帯域化」では、ポッケルス効果を用いた電圧・電界センサにおいて、広周波数帯域での計測を行う際に問題となる圧電振動による振動成分及びその抑制手法について述べている。圧電振動の周波数はポッケルス結晶の断面の大きさで決まるため、その断面の大きさを連続的に変化させることで圧電振動の周波数成分を分散させ、ポッケルスセンサ出力において観測される振動成分を抑制する手法を考案した。テーパをつけることで断面の大きさが連続的に変化するポッケルス結晶による圧電振動に起因する振動成分の測定では、振動成分は従来のポッケルスセンサと比較して雑音となる振動成分の振幅を1/3までに抑制することに成功している。また、ポッケルス結晶内部の電界計算結果及びポッケルス結晶の近似モデルを基に、ポッケルスセンサの周波数応答についても検討を行い、その予測が可能となっている。

第3章「カー効果を用いた電界測定手法の空間電荷存在下への適用」では、空間電荷存在下において、カー効果を用いた空間電界測定技術の適用、或いは、イオン密度計測技術への応用に関する検証実験及び検討について述べている。空間電荷存在下における複屈折を計測するため、変調周波数成分の倍波成分を用いて入射光の強度の変動の影響を除去できるシステムを考案している。この提案した手法を用いて、コロナ放電発生時の複屈折の計測を行い、複屈折の外部電界の依存性、空間電荷密度や極性の影響について検討を行っている。その結果、空間電荷存在下において観測されていた静電界下のカー効果よりも大きな複屈折がイオン風によって生じたものであることを確認している。

第4章「シャックハルトマン型レーザ波面測定手法の高感度化」では、シャックハルトマン型レーザ波面測定法による電子密度計測及びその測定技術の高

感度化について述べている。シャックハルトマン型レーザ波面測定法はマイクロレンズアレイを透過したレーザ光が形成する輝点の動きからレーザ光の波面（位相分布）を計測手法であり、放電空間を透過したレーザ光の波面情報から放電内部の電子密度分布を計測することが可能である。しかし、シャックハルトマン型レーザ波面測定法を用いて火花放電の電子密度計測では、観測された輝点の動きは CCD 受光部の 1 ピクセル程度であり、それ以上の感度は期待できなかった。そこで、シャックハルトマン型レーザ波面測定法の測定感度の向上手法として、マイクロレンズアレイを共焦点配置し、マイクロレンズアレイの焦点距離を疑似的に延長し、シャックハルトマン型レーザ波面測定法の高感度化する手法を考案している。考案した高感度シャックハルトマン型レーザ波面測定システムの測定感度を、既知の屈折率変化を計測することで測定感度の検証を行った結果、従来型シャックハルトマン型レーザ波面測定法と比較して、高感度型手法では測定感度が一桁向上することが確認された。さらに、提案する手法を用いてインパルスアーク放電の計測を行った結果、従来法に比べ 1 桁高感度である電子の線密度 10^{20}m^{-2} の測定が可能となっている。

第 5 章「結論」では、内容を総括し、今後の展望について述べている。

以上これを要するに、高電圧放電現象の機構解明に不可欠な放電空間の電位、電界、電子密度の測定を行う光学的手法として、ポッケルス電位・電界センサ、気体カー効果による非接触電界計測法、シャックハルトマン型レーザ波面測定による電子密度計測法を取り上げ、それぞれについて従来に比べ大幅に S/N 比を向上できるシステムを考案して計測法の高度化を実現し、弱電離放電空間における測定限界を示した点で、電気工学、特に高電圧、放電工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。