

氏名 Name Peng LU

主論文審査の要旨

Zピンチ放電によって生成される高温高密度プラズマは、紫外線からX線にわたる波長領域の高輝度光源として有望である。このプラズマを産業的に用いるためには、発光サイズや高繰返し動作時の安定性など改善すべき課題がいくつかある。本論文は、ナノ秒パルスパワーでZピンチプラズマを駆動することによって紫外線の輝度および発光空間分布を制御することを提案し、その効果を実験的に明らかにした。また、高繰返し運転時の安定性に関わる放電後の絶縁回復とそのメカニズムを詳細に調べ、安定に繰返し運転をするための条件を提示した。本研究は、次世代半導体のための露光技術業界において装置開発の指標となっており、高く評価されている。さらに、光源応用として真空紫外光の動物細胞の増殖活性への影響について調べ、紫外線が細胞の増殖活性を高める作用があることを世界で初めて明らかにした。本論文の内容は次のとおりである。

第2章では、次世代半導体リソグラフィーのための発光領域が小さくかつ高輝度の極端紫外線光源を実現するために、レーザーアブレーションによる金属蒸気生成とZピンチ放電を組み合わせた方法を提案し、実験的な検討を行なっている。ナノ秒程度の時間スケールで放電プラズマ現象を詳細に観測した結果、極端紫外線を放射する高温・高密度領域は約 10^5 m/s

で電極間を高速に移動することが明らかとなり、結果的に見かけ上の光源の大きさが大きくなることがわかった。結論として、光源の大きさを小さくするために、プラズマを駆動するパルス電流の短縮が重要であることを主張している。

第3章では、第2章で述べた放電プラズマ極端紫外線光源の高繰返し性能限界について実験をもとに議論している。平均光出力を大きくするためにはZピンチプラズマからのパルス発光を数 10 kHz 程度以上の高繰返しで動作させる必要がある。高繰返し時に安定な放電プラズマを生成するためには放電生成物によって劣化する電極間の絶縁が高速に回復されなければならない。この速度が繰返し性能、引いては紫外光の高出力化の鍵を握る。本論文では、Zピンチ放電後の放電生成物の分布と振舞、それに電極間絶縁回復を詳細に調べた。本論文の結果は最先端リソグラフィー用極端紫外線光源の技術開発の指標となっている。

第4章では、高速Zピンチ放電から放射される高輝度のパルス真空紫外線の動物細胞への影響を調べ、生物応用について検討している。動物細胞の応答はパルス真空紫外線の照射量に依存し、大きい照射量では細胞死（アポトーシス）を引き起こし、適度な照射量では逆に細胞増殖活性度が大きくなることを示した。健康・医療への応用が期待される。

以上の成果は、査読付き学術専門誌論文3編および査読付き国際会議プロシーディング2編として公表されており、専攻の学位授与基準を満足する。また、研究室で日常的に英語を話しかつ国際会議での口頭発表も経験していることから英語でのコミュニケーション能力も十分である。以上の理由から、「博士（工学）」の学位を授与するに値すると判定した。

最終試験の結果の要旨

審査委員会は学位論文提出者に対して、当該論文の内容および関連の専門分野について諮問を行った。その結果、論文提出者は、当該研究分野および応用領域について十分な知識と理解力を示すとともに、研究者として十分な研究遂行能力を有すると判断した。以上の結果に基づき、審査委員会は合格と判断した。

審査委員	バイオエレクトロニクス研究センター	教授	氏名	勝木 淳
審査委員	複合新領域科学専攻 衝撃エネルギー科学講座	教授	氏名	秋山秀典
審査委員	複合新領域科学専攻 衝撃エネルギー科学講座	准教授	氏名	佐久川貴志
審査委員	情報電気電子工学専攻 機能創成エネルギー講座	教授	氏名	中村有水