



Title	キセノンショートアークランプの長寿命化・高輝度化に関する研究
Author(s)	前中, 志郎
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/77626
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (前中志郎)	
論文題名	キセノンショートアークランプの長寿命化・高輝度化に関する研究
論文内容の要旨	
<p>本論文は、高輝度で安定した光を長時間維持できる高性能なキセノンショートアークランプの開発を見据え、ランプの基本特性に加え、ガス対流に輸送されるタンクステン蒸気によって形成される黒化現象や、黒化がランプに与える影響など、ランプにとって重要な現象を数値シミュレーションによって理論的に明らかにすることで、ランプ諸特性に及ぼす影響因子を解明し、それに基づくランプ高性能化のための設計指針を得ることを目的とし実施したものである。</p> <p>第1章は序論であり、ショートアークランプの概要及び研究の現状と問題点、ならびに本研究の目的及び方針を述べた。</p> <p>第2章では、キセノンショートアークランプの2D統合数値シミュレーションモデルを構築した。モデルは動作ガスの温度上昇に伴う動作圧力の増加を考慮した電磁・熱流体効果を扱うためのメインモデルに、輻射輸送、陰極シース及びタンクステン蒸気を考慮するための3つのサブモデルを統合して構成された。統合数値シミュレーションモデル、物性値、境界条件、計算条件及び数値計算手法について説明した。</p> <p>第3章では、第2章で構築した2D統合数値シミュレーションモデルの妥当性を実験結果と比較することで確認した。また、黒化は、電極表面から生じたタンクステン蒸気が主に高温のガス流によって輸送され、陽極表面から剥離したガス流とバルブ内壁が接触した領域にタンクステン薄膜を形成することで引き起こされるものであることを明らかにした。さらに、このタンクステン薄膜はアークから放出する光を吸収し、ランプからの光出力を低下させるだけではなく、バルブに働く応力を増加させ、バルブの破壊確率を時間と共に徐々に増加させることを明らかにした。</p> <p>第4章では、ガスの対流パターンを変化させることによって、電流値及び充填圧力だけではなく、陽極表面を流れるガスの抵抗、陽極表面に隣接するガスの熱力学・輸送特性及び陽極表面温度もガス対流に影響を与える要因であることを明らかにした。</p> <p>第5章ではキセノン、クリプトンまたはアルゴンを動作ガスとして用いた仮想実験を通して、ガス種がアーク特性、ガス対流及び黒化などのランプ特性に与える要因であることを明らかにした。</p> <p>第6章では、キセノンの熱力学・輸送特性の一部を変更した仮想キセノンを動作ガスとした仮想実験を通して、ガスの熱力学・輸送特性がランプ特性に影響を与える要因であることを明らかにした。また、それらは電極及びバルブへの熱負荷にも影響を与えることを明らかにした。</p> <p>第7章では、第2章で構築した2Dモデルを、重力を考慮した3Dモデルへと拡張し、浮力が水平動作されるランプのガス対流に影響を与えることを明らかにした。また、陽極表面温度は浮力に影響を与える要因であることを明らかにした。</p> <p>第8章では、第3章から第7章で明らかになったランプ特性とそれに影響を与える種々の要因との因果関係を整理し、高性能ランプのための設計指針について検討した。例えば、動作ガスとして、アーク体積が大きいガスに、アーク温度が高いガスを混合したものを用い、さらに充填圧力を最適化することで、高輝度化することが考えられた。これによる電極への熱負荷の増加は、タンクステンの輻射率を実効的に向上させることで抑制できると考えられた。これはタンクステン蒸気の生成量も抑制するだけではなく、陽極表面のガス流に働く抵抗及び浮力を抑制すると考えられた。また、陽極形状に大きな変化をつけないことも重要であると考えられた。これらによって、陽極表面からのガス流の剥離を抑制し、黒化領域をライティングエリア外に形成することで、高輝度で長寿命なキセノンショートアークランプを実現できると考えられた。</p> <p>第9章は総括であり、本研究で得られた結果について総括した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (前中志郎)	
	(職) 氏名
	主査 教授 田中 学
論文審査担当者	副査 教授 佐野 智一
	副査 教授 浜口 智志

論文審査の結果の要旨

本論文では、高輝度で安定した光を長時間維持できる高性能なキセノンショートアークランプの開発を見据え、ガス対流に輸送されるタンクステン蒸気によって形成される黒化現象や、黒化がランプに与える影響など、ランプにとって重要な現象を統合数値シミュレーションによって理論的に明らかにすることで、ランプ諸特性に及ぼす影響因子を解明するとともに、得られた知見に基づきランプの高性能化のための設計指針を見出している。

本研究で明らかにされている点は以下の通りである。

- (1) 黒化は、タンクステン電極の表面から生じたタンクステン蒸気が主に高温のガス流によって輸送され、陽極表面から剥離したガス流とバルブ内壁が接触した領域にタンクステン薄膜を形成することで引き起こされるものであることが理論的に明らかにされている。
- (2) タンクステン薄膜はアークから放出する光を吸収し、ランプからの光出力を低下させるだけではなく、バルブに働く応力を増加させ、バルブの破壊確率を時間と共に徐々に増加させることができることが明らかにされている。
- (3) ガスの対流パターンを変化させることによってガス対流に影響を与える要因について検討した結果、その要因は電流値やガス圧力だけではなく、陽極表面を流れるガスの抵抗、陽極表面に隣接するガスの熱力学・輸送特性及び陽極表面温度などであることが明らかにされている。また、キセノン、クリプトンまたはアルゴンを動作ガスとして用いた仮想実験を通して、ガス種がアーク特性、ガス対流及び黒化などのランプ特性に影響を与えることが明らかにされている。さらに、キセノンの熱力学・輸送特性の一部を変更した仮想キセノンを動作ガスとした仮想実験を通して、ガスの熱力学・輸送特性がランプ特性及び電極・バルブへの熱負荷にも影響を与えることが明らかにされている。
- (4) 重力を考慮した 3D モデルを用いて、浮力が水平動作ランプのガス対流に大きく影響を与えることが明らかにされている。また、陽極温度は浮力に影響を与えることが明らかにされている。
- (5) 高輝度化のための設計指針として、混合ガスを用いて充填圧力を最適化することが見出されている。さらに、長寿命化のための設計指針として、陽極温度を低下させることでランプ内の熱バランスを制御し、ガス流に働く抵抗及び浮力抑制することが見出されている。

以上のように、本論文ではキセノンショートアークランプの動作時における物理現象を詳細に研究することで、ランプ諸特性に及ぼす影響因子を解明し、得られた知見に基づき高性能化のための設計指針を見出している。本研究で得られた知見をキセノンショートアークランプの設計に適用することで、長寿命で高輝度なランプの実現に大きく貢献できるものと期待できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。