

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	化 為卓 (Hua, Weizhuo)
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学), TeknD 深淵 康二
	副査	慶應義塾大学教授	Dr. -Ing. 小尾 晋之介
		慶應義塾大学専任講師	Ph. D. 安藤 景太
		東京農工大学准教授	博士(工学) 西田 浩之
(論文審査の要旨)			
工学修士 (Master in Mechanical and Aerospace Engineering), 化 為卓 (Hua, Weizhuo) 君提出の学位論文は Numerical investigation on the discharge process of a nanosecond-pulsed surface dielectric-barrier-discharge plasma actuator (ナノ秒パルス表面誘電体バリア放電プラズマアクチュエータにおける放電過程に関する数値的研究) と題し, 本編 6 章により構成されている. 表面誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ (SDBD-PA) は, 航空機や乗用車の空力抵抗の低減や新幹線パンタグラフの騒音低減などの先進的な流れの制御において, 柔軟性やロバスト性などの長所を有するアクチュエータとして, 近年大きな注目を集めている. その一方, 投入電力に対して発生できる運動エネルギーの効率が低いなど, 実用化にむけた課題がある. SDBD-PA の性能向上のためには, 放電現象およびそれによる体積力と熱の発生メカニズムの解明が重要であるが, SDBD-PA における放電現象は複雑であり, 未だそのメカニズムの理解は不十分である. 本論文の著者はこの問題点を解決すべく, ナノ秒電圧パルスで駆動した SDBD-PA の電子およびイオン輸送に関する二次元数値シミュレーションを行い, SDBD-PA におけるプラズマ放電現象およびそれによって誘起される体積力や発熱のメカニズム解明を試みている. 第 1 章では, これまでの SDBD-PA に関する文献のレビューを行い, 異なる物理モデル間の比較を行い, 問題点を明らかにすることで, 本研究を動機づけている. 第 2 章では, 本研究における数値シミュレーションの支配方程式である, 陽イオン, 陰イオンおよび電子の輸送方程式と構成方程式, および計算領域, 境界条件, 印加電圧波形を提示し, 数値的な離散化手法についても詳細に述べている. 第 3 章では, 計算結果に対する計算格子解像度の影響を徹底的に調査している. その結果, 計算結果として得られる放電の様相は誘起流方向の格子間隔に敏感ではないが, 壁面垂直方向の格子間隔は重大な影響を持つことが分かった. 例えば, 計算される放電ストリーマの伝播速度は, 放電構造の質的变化のために, 壁面垂直方向の格子間隔約 2 μm を境として不連続に変化することが明らかにされている. 今回の計算結果から, ストリーマの構造とダイナミクスを正確に捉えるためには, 従来の知見よりもさらに細かい計算格子が必要であることを示唆された. 第 4 章では, 前章で格子解像度が確かめられた数値シミュレーションを用いて, SDBD-PA の露出電極に正の電圧 (PEP) および負の電圧 (NEP) を印加した場合の放電現象の相違に関する詳細な考察を行っている. PEP, NEP いずれの場合でもナノ秒電圧パルスの前縁と後縁に対応した 2 つの放電ストロークが起こるが, PEP の場合の最初のストロークでのストリーマ放電は薄いシース層を伴って誘電体表面に沿って伝播するのに対し, NEP の場合のストリーマ放電は誘電体表面に付着したままであることが分かった. この違いにより, PEP のストリーマは NEP のストリーマよりも速く伝播するというメカニズムが明らかにされた. 第 5 章では, PEP と NEP の両方の条件で, SDBD-PA に用いられる誘電体の誘電率と厚さおよび印加する電圧振幅が, 放電の伝播や発生する体積力と熱に及ぼす影響を調査するために, パラメトリックスタディを行っている. その結果, 誘電率の増加または誘電体の厚さの減少とともに, 放電電流や発生する体積力と熱が増加すること, さらに体積力の増加は主にシース層中の正味の電荷密度の増加が原因であることを明らかにした. 第 6 章は結論であり, 本論文の結果の総括と今後の展望を述べている. 以上の研究結果は, 今後, プラズマアクチュエータの性能向上および, それを用いた先進的な流れ制御手法の実用化にも役立つことが期待され, 学術的にも工学的にも極めて有意義といえる. よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める.			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会委員で試問を行い, 当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した. また, 語学 (英語) についても十分な学力を有することを確認した.		