

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		電界放出電子源を用いた高周波放電式超小型イオンスラストの高効率化			
研究テーマ (欧文) AZ		Performance improvement of a micro RF ion thruster using field emission cathodes			
研究氏 代 表 名 者	カナ文字 CC	姓) タカオ	名) ヨシノリ	研究期間 B	2013 ~ 2015年
	漢字 CB	鷹尾	祥典	報告年度 YR	2015年
	ローマ字 CZ	Takao	Yoshinori	研究機関名	横浜国立大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		横浜国立大学 大学院 工学研究院 システムの創生部門・准教授			
<p>概要 EA (600字~800字程度にまとめて下さい。)</p> <p>超小型衛星の軌道・姿勢制御に必要なイオンスラストの小型化には、イオン源の小型化に伴う効率低下の克服と、元来小さい中和器の更なる小型化が課題である。本研究では、前者には本研究者が独自に構築したイオン源の内部プラズマと外部高周波回路を統一的に扱える計算モデルを用い、後者にはプラズマ利用と比較して推進剤使用量と電力消費の大幅な削減が期待できる電界放出電子源を用いることで、推進システム全体の高効率化を目指した。製作した高周波プラズマ源は半径 5 mm、長さ 10 mm の円筒型石英管から構成され、その周囲に高周波電力投入のためのコイルを 5 周にわたって巻きつけてある。高周波プラズマ源の解析には、プラズマ、石英管放電室、高周波電力導入コイル、整合回路、高周波電源を含んだ等価回路モデル、および、投入電力とガス圧力に応じてプラズマ密度と温度を導くグローバルモデルを組み合わせて解析を行った。この際、高周波放電特有のモード変化を考慮している。具体的には、周方向電場とプラズマとの結合が支配的で高密度プラズマの得られる誘導結合モードとコイル間の電場とプラズマとの結合が支配的で低密度プラズマが得られる容量性結合モードの 2 つである。投入電力 10 W の低電力において 1-500 MHz の広範囲に渡る高周波周波数で解析を行ったところ、100 MHz 帯の周波数において 90 % 以上の高効率でプラズマ生成が可能な事が分かった。また、シリコン系界放出電子源 (Si-FEA: Silicon-based Field Emitter Array) を用いることで、引き出されたイオン電流を中和するのに十分な電子電流 (1 mA 程度) を 100 V 程度の印加電圧で引き出すことができ、プラズマを用いた中和よりも消費電力を 1 桁以上引き下げることが可能となった。しかし、イオン衝撃による劣化を防ぐことが出来ず長時間運転においては課題が残った。いかに Si-FEA の寿命を伸ばすかが今後の課題である。</p>					
キーワード FA	イオンスラスト	高周波プラズマ	電界放出電子源		

(以下は記入しないで下さい。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入して下さい。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Investigation of Ion Beam Extraction Mechanism for Higher Thrust Density of Ion Thrusters							
	著者名 ^{GA}	Kenta Hiramoto and Yoshinori Takao	雑誌名 ^{GC}	Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan					
	ページ ^{GF}	投稿中	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}	Optimization of Plasma Production with Impedance Analysis for a Micro RF Ion Thruster							
	著者名 ^{GA}	Kaito Nakagawa and Yoshinori Takao	雑誌名 ^{GC}	Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan					
	ページ ^{GF}	投稿中	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

To miniaturize ion thrusters, which can be employed as orbit and attitude controls for ultra-small satellites (nano-satellites), it is a crucial issue to improve the efficiency of plasma production in a miniaturized ion source and to minimize neutralizers, which are usually much smaller than ion sources. The objectives of this study are to improve the total efficiency of the propulsion system by employing an originally-developed numerical model that can treat the plasma generation and RF circuit simultaneously for the realization of high efficiency RF plasma sources, and field emission electron sources that require no propellant and are expected to be able to reduce the power consumption drastically. The RF plasma source is composed of a cylindrical quartz tube, 5 mm in radius and 10 mm in length, and a five-turn coil surrounding the tube to induce the RF power to the plasma. To analyze the plasma characteristics, we use an equivalent circuit model, which represents the plasma, quartz source tube, RF antenna coil, matching circuit element, and RF power source, and a global model by which we can obtain self-consistent plasma density and temperature based on the RF power and gas pressure. It should be noted that we take into account two modes of the RF discharges, an H-mode and an E-mode, where in the H-mode inductive coupling is dominant, leading to high density plasma, while in the E-mode capacitive coupling is dominant, resulting in low density plasma. At a low RF power of 10 W, more than 90% of efficiency of plasma discharges have been obtained at a frequency band of 100 MHz for the frequency range examined (1-500 MHz). Moreover, by using an silicon-based field emitter array (Si-FEA), we have obtained high enough electron current (about 1 mA) at the applied voltage of 100 V to neutralized the ion beam extracted from the ion source, which enable us reduce the power consumption by more than one order of magnitude compared with the plasma neutralizer. However, the ion bombardment degrades the Si-FEA and limits its lifetime, which is left for future work.