



Title	The hyperthermal atomic oxygen beam interaction with solid surfaces and its application to low temperature oxidation processes
Author(s)	Kinoshita, Hiroshi
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3169346">https://doi.org/10.11501/3169346</a>
DOI	10.11501/3169346
rights	

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

氏名	木之 <sup>きのした</sup> 下 <sup>ひろし</sup> 博
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 15383 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科物質・生命工学専攻
学位論文名	The hyperthermal atomic oxygen beam interaction with solid surfaces and its application to low temperature oxidation processes (超熱原子状酸素ビームと固体表面との相互作用およびその低温酸化プロセスへの応用)
論文審査委員	(主査) 教授 梅野 正隆
	(副査) 教授 金谷 茂則    教授 福住 俊一    教授 宮田 幹二 教授 柳田 祥三    教授 横山 正明    教授 高井 義造 教授 一岡 芳樹

### 論文内容の要旨

本論文は、低地球軌道（高度200km～500km）環境の大気主成分である、相対並進エネルギー 5 eV の原子状酸素による、宇宙飛行機の材料表面の劣化機構の解明、ならびに低エネルギー原子ビームの表面改質への応用を目的としたものであり、*in-situ* 表面分析が可能なレーザーデトネーション型超熱原子状酸素ビーム照射装置を開発し、それを用いた応用研究を行っている。本論文はこれらの成果をまとめたものであり、緒言と以下の5章ならびに結言から構成されている。

緒言では、本研究の背景と意義ならびに目的について述べている。

第1章では、低地球軌道環境と現在までに開発された代表的な低地球軌道原子状酸素環境のシミュレーターについて述べている。

第2章では開発した2種類のレーザーデトネーション型超熱原子状酸素ビーム照射装置について述べている。一つはQ-switched YAG レーザーを用い、他方はパルス CO<sub>2</sub> レーザーを用いたものであるが、ビーム診断の結果は双方の照射装置が低地球軌道環境シミュレーターとして十分満足することを示している。

第3章では超熱原子状酸素と HOPG 基底面（(0001) 面）との相互作用について調べ、その表面化学分析、散乱分子と気化分子の測定、表面形状変化の測定を行っている。また、表面酸化物は気化物の生成を抑制すること、ならびに表面形状が荒れるほど反応率が上昇することを明らかにしている。

第4章ではポリイミド薄膜の超熱原子状酸素照射による劣化反応について調べている。その結果、ポリイミド薄膜は表面が一度酸化された後にエッチングされること、また大気曝露は照射表面の化学組成に影響を与えることを明らかにしている。

第5章では超熱原子状酸素ビーム照射装置の表面改質プロセスへの応用として、シリコンの低温酸化を試みている。その結果、超熱原子状酸素によりシリコンは室温においても酸化が進行することを明らかにし、デバイスプロセスへの応用の可能性を指摘している。

結言では、本研究の結果を総括するとともに、今後の問題と展望について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

低地球軌道環境での原子状酸素による宇宙飛行機の表面材料の劣化は、今後進展する宇宙空間利用における大きな問題としてクローズアップされている。本研究はその解決に向けたもので、5 eVの並進エネルギーをもつ超熱原子状酸素ビーム発生装置を開発し、超熱原子状酸素と固体表面との相互作用について研究を行っている。更に、このビーム源が生み出す原子状酸素の超熱並進エネルギーと、大面積で高フラックスという特徴を生かして、材料の表面改質プロセスへの応用を試みている。

本研究で得られた主な研究成果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 2種類の *in-situ* 表面分析が可能なレーザーデトネーション型超熱原子状酸素ビーム照射装置の開発を行い、どちらも低地球軌道の原子状酸素環境を十分実現できることを明らかにしている。
- (2) HOPGのように超熱原子状酸素照射により気化物質を生じる固体表面では、吸着した酸素が反応に重要な役割を果たすことを明らかにしている。
- (3) 超熱原子状酸素を照射された荒れた表面では原子状酸素の多重散乱が生じるため、反応性が高くなることを解明している。
- (4) 超熱原子状酸素を照射したポリイミド薄膜の大気曝露による影響について調べ、*in-situ* 表面分析の有用性を明らかにしている。
- (5) 超熱原子状酸素ビームをシリコン基板に照射することにより、数 nm 程度の酸化膜が形成されること、ならびにその酸化反応における並進エネルギーの役割を明らかにしている。

以上のように、本論文では2種類のレーザーデトネーション型超熱原子状酸素ビーム照射装置を開発し、超熱原子状酸素と固体との表面反応についての新しい知見を得ると共に、超熱原子状酸素ビームのシリコン低温プロセスへの応用の可能性を実証している。これらの成果は応用物理学ならびに航空宇宙環境工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。