

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理 学 )	氏名	宮坂 泰弘
論文題目	Laser nano ablation induced by the interaction of femtosecond laser with metal surfaces		
(論文内容の要旨)			
<p>十分なフルーエンス (エネルギー面密度) のレーザーを固体物質に照射すると、固体を構成する原子がイオン、分子などを要素とする液相、気相、プラズマの形態で剝離飛散する現象を「アブレーション」と言う。レーザーの出現以来、このレーザーと物質との相互作用によるアブレーション過程は良く調べられており、レーザーと生成プラズマとの相互作用中でのレーザー光の吸収、エネルギー輸送、等温/断熱膨張といった熱流体力学的な理論ではほぼその全貌は理解されていた。近年の極短パルスレーザーの飛躍的な進歩により、それを用いたプロセッシングに関する研究が活発に行われている。短パルスレーザーを用いた相互作用では従来のレーザーでは見られない特徴的な現象が観測されており、その物理の多くが未解明である。そのような中、宮坂泰弘氏の本論文では、極低フルーエンスでのフェムト秒レーザー照射による極微小のアブレーションの特性を詳細に調べ、相互作用物理を考察している。</p> <p>本論文は、6章より構成され、第1章では、レーザーアブレーションの研究動向と短パルスレーザー固体相互作用物理における本研究の意義を概説し、第2章では、光と物質との相互作用に関する基礎を解説し、本研究で用いたレーザー装置と飛行イオン測定用の飛行時間法を記述している。第3章では極低フルーエンスでの照射時に発生飛散するイオンのエネルギースペクトルの測定とその考察について記している。第4章においては、短パルスレーザーによるアブレーション率のフルーエンス依存性を、異なるレーザー入射角度と偏光方向について詳細に測定し、アブレーション過程を考察するとともに、依存性の定式化を行っている。第5章では、極低フルーエンスでのフェムト秒レーザー照射による表面形態の観察を行い、表面のナノ構造形態のパルス照射毎に変化について考察している。第6章により本論文を総括している。</p> <p>本研究で得られた新たな知見は第3、4、5章で述べており、その概要は以下の通りである。短パルスレーザーの場合、①従来の長パルスレーザーの場合のアブレーション閾値以下のフルーエンスでも、微少のイオンが飛散しており、そのエネルギーは数10eV以上と極めて大きく、スペクトルは熱分布とは著しく異なる。イオン生成飛散機構として、表面に散在するナノ粒子のイオン化・クーロン爆発を提案した。得られたスペクトルは実験結果と良い一致を示した。また、発生イオン量は照射パルス数により変化し、レーザーによりナノ粒子の形成と爆発との均衡が変わることによると考察した。②アブレーション率のフルーエンス依存性は、p偏照射の場合、入射角度にはあまり依存しないが、s偏照射の場合、入射角度の増大に伴い顕著に減じることが初めて明らかになった。③長パルスレーザーアブレーション閾値以下のフルーエンスでは表面で、次のような形態変化が生じる事を明らかにした。ナノ孔形成→ナノ孔の偏光垂直方向に伸延(クラックの形成)→伸延の停止→クラック周辺のナノ粒子の凝集→ナノストライプの形成。最終的に形成されたナノストライプ構造は偏光垂直方向であるが、これらには周期性はない。従来のフェムト秒レーザーによるナノ周期構造とは異なるものである。これらの知見はすべて、世界で初めて見いだされたものである。</p>			

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

極短パルスレーザーと物質との相互作用の物理とそのレーザープロセッシングへの応用の研究が世界各国で行われている。特に、極低フルーエンス照射時に長パルスレーザーでは見られない様々な現象が観察されており注目され、その学術的基盤となるレーザー固体・プラズマ物理の研究が重要となっている。

本論文は、フェムト秒レーザーアブレーション率の照射条件(入射角度、偏光方向)依存、極低フルーエンス照射時の飛散イオンのエネルギースペクトル測定、被照射表面の形態変化を詳細に実験的に調べ、フェムト秒レーザーと金属表面との相互作用を考察したものである。実験は精緻に行われており、考察も妥当であり、当該関連分野に大きく貢献する成果である。特に、従来のアブレーション閾値以下の照射でも高エネルギーイオンが生成飛散し、そのスペクトルが非熱的でありことを世界で初めて実験的に発見した意義は大きい。本論文を構成する第3、5章はそれぞれ世界的権威のある一流学術雑誌 Physical Review B, Applied Physics Letters に掲載されており、また、第3章の内容に関する講演によりレーザー学会より優秀論文発表賞を、第4章に関しては、Asia Pacific Laser Symposium 2014 にて若手研究者優秀発表賞を受賞するなど、当該分野において評価を得ている。

本論文について論文調査委員により記述内容審査を行ない、博士(理学)の学位論文とし価値のあるものと認めた。そして平成26年6月20日に論文内容とそれに関連した口頭試問を公開で行ない、その後の審査委員会により、全委員一致で合格と認めた。