



Title	Optimization of micro and nanoscale targets for ultra-high field generation and ion acceleration
Author(s)	Zosa, Allen Hermoso Myles
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91767
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (ZOSA MYLES ALLEN HERMOSO)	
Title	Optimization of micro and nanoscale targets for ultra-high field generation and ion acceleration (マイクロ・ナノスケールターゲットを使った超高強度場の生成とイオン加速に関する最適化)
Abstract of Thesis The emergence of ultra-intense lasers enables new technologies and applications for relativistic laser-plasma interactions. Ion acceleration, magnetic field generation, and high-energy-density physics benefit from these developments. For ion acceleration, generating quasi-monoenergetic ions is difficult for laser based techniques such as target normal sheath acceleration. However, quasi-monoenergetic ions can be obtained through the Coulomb explosion of hollow nanospheres. When the nanospheres are correctly optimized, they can be more than twice as efficient as the previous designs. These make the Coulomb explosion of hollow nanospheres attractive for medical applications. However, while hollow nanospheres exhibit Coulomb explosion, hollow microspheres will display both Coulomb explosion and microbubble implosion. In this case, a larger target can hold more electrons in its cavity enough to initiate a rapid implosion process. When undergoing microbubble implosion, the inner wall of the microsphere will compress to a density that is 10^4 times higher than normal solid density. This high compression will generate highly accelerated flashed ions and a very intense electric field during maximum compression. Thus, this is particularly interesting for applications involving gamma-ray lensing, pair creation, and vacuum polarization. The topology and design of the targets are also crucial factors. For example, upon irradiation with an ultra-intense laser, nano-sized hollow targets are comparable to the relativistic skin depth of an ultra-intense laser. Thus, the laser can remove most of the electrons, and the Coulomb explosion is the dominant process. On the other hand, micron-sized hollow targets are much larger, resulting in more hot electrons filling the cavity, making them conducive for MBI. Finally, while nanoscale hollow targets demonstrate Coulomb explosion and microscale hollow targets demonstrate both microbubble implosion and Coulomb explosion, designing a target with nanoscale and microscale components can produce a different phenomenon. In this case, a novel paisley design composed of a nanoscale tip and a microscale body can generate a highly intense sub-megatesla magnetic field. These magnetic fields are challenging to produce and are usually found in extreme astrophysical environments. Hence, this novel design is useful for studying fundamental physical phenomenon such as magnetic reconnection or other laboratory astrophysics applications.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Z O S A M Y L E S A L L E N H E R M O S O)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教授	村上匡且
	副 査	教授	兒玉了祐
	副 査	教授	蔵満康浩
	副 査	教授	上田良夫
	副 査	教授	吉村政志
論文審査の結果の要旨 本論文はマイクロ・ナノスケールターゲットを使った超高強度場の生成とイオン加速に関する物理の解明とターゲットの最適化を目的とした研究をまとめたものである。近年、レーザー技術の発展に伴い、超短・超高強度レーザーと相対論的プラズマとの相互作用を介した新たな基礎物理の探究とその応用開発が世界的に加速されている。本論文の主題であるイオン加速や極超高磁場・極超高電場の生成といった高エネルギー密度物理学はその最たるものと言える。例えば Mourou が発明したレーザー光増幅法によって 1990 年以降のわずか四半世紀の間にレーザー光強度は一千万倍以上も増幅された。その結果、それ以前には到底考えることのできなかった様々な超高強度場に絡む基礎実験が可能となってきた。しかし、現代物理（量子電磁力学：QED）の枠を超えて新たな未踏領域へと歩を進めるには、レーザー電場の値をシュウィンガー極限と呼ばれる閾値付近にまで増大させることが必要とされるが、従来のアプローチを採用すると、レーザー照射強度において未だ 6 ～ 7 桁足りないのが実情である。これに対し本論文ではマイクロバブル爆縮による超高電場の生成という新しい物理コンセプトを導入し、原理的に現在のレーザー技術でもシュウィンガー極限近傍の超高強電場を実現できることを理論モデルとナノスケールの 3 次元粒子シミュレーションを使って初めて示した。さらに、本論文では、マイクロバブル爆縮における基本幾何形状である球を円筒にし、種磁場を加えることで超高電場の代わりに超高磁場を得られるのではないかというユニークな発想に基づきメガテスラ級の超高磁場の生成についても新たな知見が得られている。かくして本論文では、特殊なマイクロスケールのターゲットと超高強度レーザーとの相互作用に内在するナノスケール物理を解明するとともに、与えられたレーザー条件の下で、それら超高電磁場生成を最大にするための最適化について体系的に述べられている。 本論文は以下の 6 章で構成されている。第 1 章は諸論であり、超高温のマイクロスケールの空間内において、高エネルギー電子はイオンとの間で強荷電分離を容易に起こし、結果として中性プラズマには見られない特性的な振る舞いを呈すること、そしてその時の電子の熱力学的挙動と電磁場の生成に関して概説されている。第 2 章は、本研究の背景として、マイクロバブル爆縮、マイクロチューブ爆縮、クーロン爆発という 3 つの本質的に異なるマイクロスケールのターゲットとレーザーとの相互作用、その結果としてもイオン加速について概説し、各々の関連性についても述べられている。第 3 章では、ナノスケールの球殻構造を使ったクーロン爆発の振る舞いとその際に発生する加速イオンの単色化を目的として 2 種元素の構成比率や、多層球殻構造の最適化を行っている。第 4 章では、マイクロバブル爆縮に対して、独自に開発した 3 次元粒子シミュレーションコードを使って、ナノスケールにまで収縮し、固体密度の数十万倍という超高密度のイオンコアのダイナミクスを明らかにしている。第 5 章では、ペイズリー幾何形状の全く新たなターゲット構造を導入することで、100 キロテスラ級という超高強磁場の生成が可能になることが明らかにされている。第 6 章は結論であり、本研究で得られた成果を総括している。 以上のように本論文は、マイクロ・ナノスケールターゲットを使った超高強度場の生成とイオン加速に関する物理の解明とターゲットの最適化を目的とした研究として、極めて独創的で且つ発展性の高い研究成果としてまとめられている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。			