

課題番号 : F-21-KT-0159  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 境界層を介したレーザー駆動準1次元衝撃波形成と新高エネルギー粒子加速法の開拓 3  
Program Title (English) : Formation of one-dimensional shock at plasma boundary layer driven by a high power laser irradiation and development of new acceleration scheme of particles 3  
利用者名(日本語) : 松井隆太郎、岸本泰明  
Username (English) : Ryutaro Matsui, Yasuaki Kishimoto  
所属名(日本語) : 京都大学大学院 エネルギー科学研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Energy Science, Kyoto University  
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、膜加工・エッチング、CNT

## 1. 概要(Summary)

近年、集光強度が  $10^{20-21}$  W/cm<sup>2</sup> 領域の高強度レーザーの利用が可能になり、これを固体薄膜などのターゲットに照射することで、癌治療などの医療応用に資する 200 MeV/u(単位核子のエネルギー)を上回る高エネルギーで高品質(高単色性・高指向性・高フラックス)のイオン加速が期待され、世界的に研究が進められている。

本研究課題では、現状のレーザー技術においても、サブ $\mu\text{m}$  オーダの微細構造を有する固体物質と炭素ナノチューブ(CNT)などの背景媒質からなる混合系(構造的媒質として参照)を使用すれば、特異な衝撃波構造の生成とそれによる目標のエネルギーと品質を同時達成する準1次元的高エネルギーイオン加速が可能であるとの着想に基づき、レーザー実験を想定した構造的媒質を生成することを目的とする。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

レーザーダイシング装置、ウエハスピン洗浄装置、電子線蒸着装置、厚膜フォトリソ用スピンコーティング装置、大面積超高速電子線描画装置、磁気中性線放電ドライエッチング装置、深掘りドライエッチング装置 2

### 【実験方法】

レーザーダイシング装置によりシリコンウエハから 30 mm 角に切り出したシリコン基板を用いて、ウエハスピン洗浄装置により洗浄を行った後、電子線蒸着装置を用いてクロムの蒸着を行った。厚膜フォトリソ用スピンコーティング装置を用いてレジストを塗布した後、大面積超高速電子線描画装置を用いて電子線リソグラフィにより基板上にパターンを描画した。描画後、レジスト現

像装置により現像を行ってパターン部分を保護し、磁気中性線放電ドライエッチング装置によるクロムのエッチングを行った。本課題は、シリコンロッド集合体の間に背景ガスを導入することを念頭に、事前検討の結果、ロッドよりも高アスペクト比(高さ/直径 $\sim$ 50-100)で、かつ、ロッド間隔を広げた長尺ロッド集合体を作製することを目指した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

電子線リソグラフィにおける dose 量に関する最適化を行い、直径サブ $\mu\text{m}$  オーダの円が $\mu\text{m}$  オーダの間隔で多数配置された構造の精緻な描画に成功した。ロッド間隔が広い場合にロッドが多数倒壊する結果となったことを踏まえ、深掘りエッチングにおいてボッシュプロセスの回数をこれまでの 400 から半分の 200 とした。その結果、ロッドの倒壊を防ぐことができた。これを踏まえ、次の課題においては、BIAS 値、ICP 値のパラメータ依存性を継続的に調査し、ロッドを倒壊させることなく高アスペクト比で作製する条件を見出す。

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 岸本泰明、松井隆太郎、福田祐仁、今井賢志 “高強度レーザーと波長オーダの構造的ターゲット”との非線形相互作用特性”日本物理学会 2021 年秋季大会、2021 年 9 月 20 日 (オンライン 口頭発表)。

## 6. 関連特許(Patent)

なし。