

課題番号 : F-20-KT-0152
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 構造的媒質と高強度レーザーとの相互作用による準定常強磁場生成の検証-3
Program Title (English) : Generation of quasi-static magnetic field by the interaction between a high-power laser and structured medium-3
利用者名(日本語) : 岸本泰明、松井隆太郎、上原直希、山田伊織
Username (English) : Yasuaki Kishimoto, Ryutaro Matsui, Naoki Uehara, Iori Yamada
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、高強度レーザー

1. 概要(Summary)

直径サブ μm で長さが数十 μm オーダのロッド群と背景ガスからなる媒質(構造的媒質)に高強度レーザーを照射することで、ロッドと背景ガスが接触する領域に無衝突プラズマ境界層が形成される。そこでのダイナミクスを通じて、無衝突衝撃波による高エネルギーイオンの生成、キロテスラ級準定常強磁場による高エネルギー粒子の閉じ込め、といった多彩な非線形現象が創出されることが理論・粒子シミュレーションにより明らかにされている。本研究では、これらの現象を解明するため、京大化研の高強度レーザー(T6)および理研のX線自由電子レーザー(SACLA)を照射する実験に向けて、シリコンウエハのドライエッチング技術(ボッシュプロセス)を用いて、直径がサブ μm オーダのケイ素の準2次元のロッド集合体を作製し、これに背景ガスを導入することで構造的媒質を準備する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

レーザーダイシング装置、ウエハスピンド洗浄装置、電子線蒸着装置、厚膜フォトレジスト用スピンドコーティング装置、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、深堀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30mm 角に切り出したシリコン基板を用いて、ウエハスピンド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。厚膜フォトレジスト用スピンド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。パターンは CAD により設計し、直径サブ μm オーダの円が μm オーダの間隔で

多数配置した。本課題では、空間充填率を一定に保ち、円の中心位置を一様乱数により決定した。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、および深堀りドライエッチング装置によるシリコンのプラズマエッチングを実施してロッド集合体を作製した。

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 μm オーダの円が μm 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。また、深堀りエッチング時の印加電圧、およびサイクル数を調整することで、高アスペクト比(高さ/直径 $\sim 40-100$)のロッド集合体(ランダムロッド)の作製に挑戦したが、整列配置(F-20-KT-0151)と比較して、ロッドが多数倒壊する結果となった。これは、ロッドの中心間の平均間隔が整列配置の場合と比較して大きくなったためであると考えられる。2021年度の利用において、ロッド直径、ロッドの空間充填率を調整することで、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ための条件(エッチングのサイクル数、印加電圧、エッチングガスの流量)を見出す。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

6. 関連特許(Patent)

なし。