

高強度パルス極端紫外(EUV)光照射による物質アブレーション応用

田中のぞみ 特任助教

共同者: 藤岡慎介教授、西原功修名誉教授(大阪大学)、安田清和講師(工学研究科)

EUV光と物質、プラズマの相互作用の特徴を理解し材料加工に応用

- ✓ 高い光子エネルギー (~100 eV)
→ ワイドバンドギャップ(WBG)材料や絶縁材のバンドエネルギーを上回る。内殻電子の光電離。
- ✓ 極浅表面で吸収される。(固体吸収長 数10 – 数100 nm)
→ 吸収係数が大きい。極表面界面への集中的なエネルギー付与。透明材料が無い。
- ✓ 臨界密度が固体密度を上回る。(10²⁴ cm⁻³)
→ アブレーションの際プラズマにカットされない。
- ✓ 短波長 (1-100 nm)
→ 微細加工に有利。

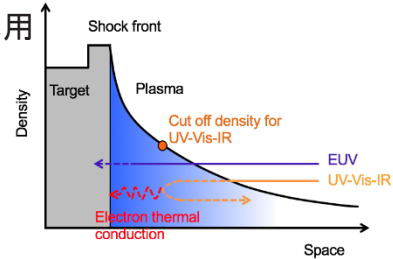


Fig. 1 物質アブレーションの差異

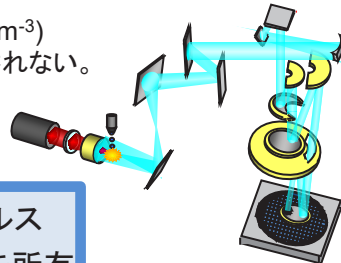


Fig. 3 EUVリソグラフィ技術

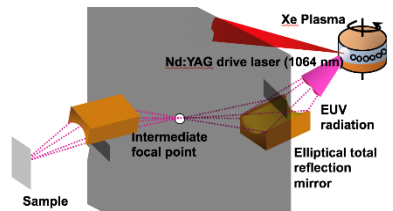


Fig. 2 レーザー科学研究所のEUV光源。10-20 mJの高エネルギーEUV光が得られる。

mJ領域の高エネルギー、高強度パルスEUV光を提供可能なコンパクト光源を所有

応用1

物質のEUVアブレーション応用と、アブレーションプラズマ物理

EUV光の光子エネルギーはワイドバンドギャップ材料のバンドエネルギーをはるかに超え、透明材料も透明では無くなる。レーザープラズマ光源の高出力EUV光を集光することでWBG材料を含む材料の、一光子イオン化とそれに続くアブレーションが可能であり、本グループでは世界でも数少ない高出力EUV光源とEUV光学素子を用いてEUV光によるナノマシニングやアブレーションプラズマ利用などの応用研究を行なっている。更に従来光が困難とする加工材料や、加工技術への応用を目指している。

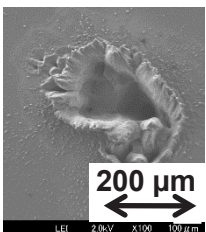


Fig. 4 Siウエハー上のEUVアブレーション痕

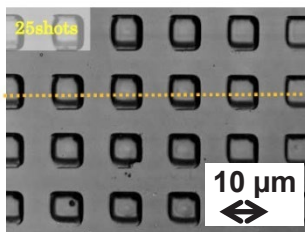


Fig. 5 ポリマー材へのマスクを介したEUVアブレーションによる直接加工例

(N. Tanaka et al., Appl. Phys. Lett., **105**, 114101 (2015) 他)

応用2

高フルエンスEUV光による表面改質と異種材料間界面形成

高出力LPP光源からのEUV光を高フルエンスで用いることで、アブレーションを伴わない透明材料を含む極浅表面の処理が可能となる。例えば、基材の表面に塗布した異種材料との界面創出、バルク領域の変性を伴わない200 nm程度までの深さ方向への局所的な改質の基礎実験を行なっており、透明材料表面へのパターン形成、膜処理、接合などの可能性を示してきている。

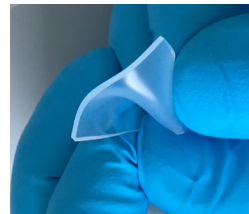


Fig. 6 透明、フレキシブル材料であるPDMSシート。生体適合性が高い。



Fig. 7 金属ナノ粒子担持ポリマー表面へのEUV光照射。変色が見られ、更に界面制御が示唆された。

(K. Yasuda et al., IEEE Explore, ICEP-IAAC, 535 (2018) 他)

