

超高強度場科学グループ

高強度パルス極端紫外(XUV)光による物質アブレーション応用と光電離光解離プラズマ物理

Application of materials ablation by intense pulsed extreme ultraviolet radiation and physics of XUV-induced plasma

田中のぞみ 特任講師

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)

XUV光と物質の相互作用と、XUV生成プラズマ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)材料や誘電体のバンドエネルギーを上回る。内殻電子励起、電離が主体の光電離プラズマ。

極浅表面での吸収 (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。

固体密度を上回る臨界密度 (10^{24} cm^{-3})

→ 実質的にカットオフ密度が無いため、長パルスでも継続的に固体領域に直接エネルギーを付与。

短波長 (1-100 nm)

→ 回折限界の短さから微細加工に有利。EUVリソグラフィ技術に応用されている

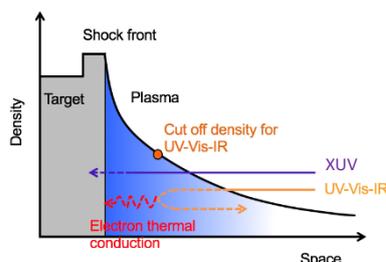


Fig. 1 光子エネルギー吸収の違い

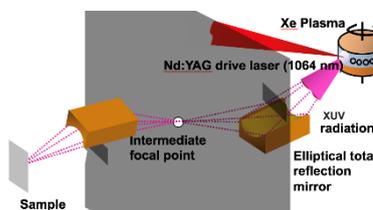


Fig. 2 レーザープラズマXUV光源と集光系。N. Tanaka et al, HEDP 37, 100865 (2020)他

mJ領域の高エネルギー、 10^9 W/cm^2 の高強度パルスXUV光を供給

応用1

物質のXUVアブレーション応用と、アブレーションプラズマ物理

レーザープラズマXUV光源の高出力XUV光を集光することで、一光子による光電離・光解離と続くアブレーションが可能である。本グループでは世界でも数少ない高出力XUV光源とXUV集光光学系を用いてXUV光による加工やアブレーションプラズマ利用の応用研究を行なっている。更に従来光が困難とする材料の加工技術への応用を目指している。このようなプラズマは固体密度付近の高密度、1 eV付近の低温という特殊状態を示し、学術的側面からも興味深いプラズマを提供している。

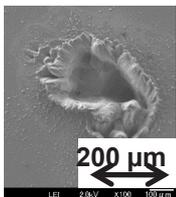


Fig. 4 Si XUVアブレーション痕

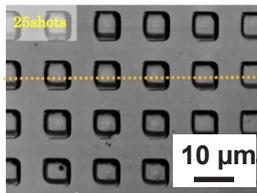


Fig. 5 ポリマー材へのXUVアブレーションによる直接加工

N. Tanaka et al, Appl, Phys, Lett., **105**, 114101 (2015)
N. Tanaka et al, Appl, Phys, Lett., **124**, 152113 (2024) 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XUV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、ポリマー基材バルク領域の熱変性を伴わない深さ方向に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、異種材料接合などの可能性を示している。



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XUV照射により、界面創生が示された。

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

グループHP <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/ja/groups/research02/lf/>

キーワード EUVリソグラフィ、極端紫外光、光電離プラズマ、材料加工

