

# フェムト秒極端紫外レーザー光による有機薄膜のアブレーションに関する研究

## Study on Organic Thin Film Ablation Using Femtosecond Extreme Ultraviolet Pulses

早大高等研<sup>1</sup>, 量研関西研<sup>2</sup>, EIDEC<sup>3</sup>, JASRI<sup>4</sup>, NTT-AT<sup>5</sup>, RIKEN<sup>6</sup>, 宇大院工<sup>7</sup>, 兵庫県立大<sup>8</sup>, 早大理  
工研<sup>9</sup>, 東北大多元研<sup>10</sup> °坂上 和之<sup>1</sup>, 石野 雅彦<sup>2</sup>, 井谷 俊郎<sup>3</sup>, 犬伏 雄一<sup>4</sup>, 市丸 智<sup>5</sup>, 大和  
田 成起<sup>6</sup>, 小倉 拓人<sup>7</sup>, 木下 博雄<sup>8</sup>, 小柴 裕也<sup>9</sup>, 今 亮<sup>4</sup>, Julius Joseph Santillan<sup>3</sup>, 篠崎 夏美<sup>7</sup>, 高橋 孝<sup>9</sup>, 田村 賢紀<sup>7</sup>, Dinh Thanh Hung<sup>2</sup>, 錦野 将元<sup>2</sup>, 西留 武宏<sup>9</sup>, 羽多野 忠<sup>10</sup>, 原 広行<sup>7</sup>, 東口 武史<sup>7</sup>, 山内 駿<sup>7</sup>, 鷲尾 方一<sup>9</sup>

WIAS, Waseda Univ.<sup>1</sup>, QST Kansai<sup>2</sup>, EIDEC<sup>3</sup>, JASRI<sup>4</sup>, NTT-AT<sup>5</sup>, RIKEN<sup>6</sup>, Utsunomiya Univ.<sup>7</sup>,  
Univ. Hyogo<sup>8</sup>, RISE, Waseda Univ.<sup>9</sup>, Tohoku Univ.<sup>10</sup>, °Kazuyuki Sakakue<sup>1</sup>, Masahiko Ishino<sup>2</sup>,  
Toshiro Itani<sup>3</sup>, Yuichi Inubushi<sup>4</sup>, Satoshi Ichimaru<sup>5</sup>, Shigeki Owada<sup>6</sup>, Takuto Ogura<sup>7</sup>, Hiroo  
Kinoshita<sup>8</sup>, Yuya Koshiba<sup>9</sup>, Akira Kon<sup>4</sup>, Julius Joseph Santillan<sup>3</sup>, Natsumi Shinozaki<sup>7</sup>, Takashi  
Takahashi<sup>9</sup>, Toshiki Tamura<sup>7</sup>, Dinh Thanh Hung<sup>2</sup>, Masaharu Nishikino<sup>2</sup>, Takehiro Nishidome<sup>9</sup>,  
Tadashi Hatano<sup>10</sup>, Hiroyuki Hara<sup>7</sup>, Takeshi Higashiguchi<sup>7</sup>, Shun Yamauchi<sup>7</sup>, Masakazu Washio<sup>9</sup>

E-mail: kazuyuki.sakakue@aoni.waseda.jp

次世代のリソグラフィ光源として、波長 13.5nm の EUV 光の利用が試験的に開始されており [1]、光源メーカーらはさらに高スループット化を目指した 1 kW 以上の EUV 光源の検討をはじめている。その中で加速器を用いた自由電子レーザー (FEL) が候補の一つとして挙げられており、各所で検討が進められている [2]。X 線 FEL が発振に成功し、利用運転が成されていることもその後押しをする要因であると考えられる。しかしながら、EUV 波長域における FEL はその発振特性上、数 100fs の極短パルス性を有することが避けられない。これまで用いられている EUV 光源としてのレーザー生成プラズマ法と比較すると 4 桁程度パルス幅が短くなることで懸念される事項が複数ある。その一つとして、極短パルス性による材料のアブレーションが挙げられる。高ピーク強度となることでレジストやミラー等に対するアブレーション閾値が低下することが予想されるため、これらを評価しておくことは非常に重要である。

わが国の X 線 FEL 施設である SACLA では昨年度より軟 X 線ビームライン BL1 の稼動及び利用運転が開始された。そこで我々は 13.5 nm の EUV-FEL を実際に用いることでアブレーションの閾値の計測・評価を実施した。SACLA BL1 では 200~300 fs の極短パルスを約 10  $\mu\text{m}$  に収束して照射することが可能であり、パルスあたりの照射フルエンスは最大 100J/cm<sup>2</sup> にもおよぶ [3]。

本講演では、EUV-FEL パルスを用いたアブレーション閾値の評価を典型的なレジスト材料 (PMMA など) 及び EUV レジスト候補の基材となる PHS 系ポリマー薄膜に対して行ったので、その結果と考察及び今後の展望に関して報告する。(実験課題 2016B8006・2017A8026 において実施)

[1] J. Miyazaki, EUVL FEL Workshop, Dec. 2015.

[2] D. Turke *et al.*, EUV Source Workshop, Nov. 2012.

[3] K. Togawa *et al.*, Proc. of IPAC 2017 (2017) 1209.