

課題番号 : F-20-UT-0148
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : X線自由電子レーザーによるコヒーレント回折イメージングのための新規マイクロ流路デバイス構造の作製と評価
Program Title (English) : Fabrication and characterization of a novel microfluidic device structure for coherent diffraction imaging with X-ray free electron laser
利用者名(日本語) : 木村隆志、竹尾陽子、松本豊、三村秀和
Username (English) : Takashi Kimura, Yoko Takeo, Yutaka Matsumoto, Hidekazu Mimura
所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
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、X線顕微鏡、コヒーレント回折イメージング、X線自由電子レーザー、化学&分子テクノロジー

1. 概要(Summary)

X線自由電子レーザーのフェムト秒パルスを利用した液中試料顕微イメージングを実現するための、新たなマイクロ流路デバイスを設計・作製した。X線自由電子レーザー施設 SACLA を利用した評価により、デバイス内部の金属ナノ粒子集合体の液中構造をフェムト秒のシングルパルス露光により捉えることに成功した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置、枚葉式 ZEP520 自動現像装置、ステルスダイサー、汎用平行平板 RIE 装置

【実験方法】

マイクロ流路デバイスは、電子ビームリソグラフィ及びドライ・ウェットエッチングを組み合わせで作製した。大強度の X線自由電子レーザーによる計測では、一度のパルス照射で試料だけでなくマイクロ流路デバイスの構造自体も破壊されてしまうため、一つのデバイスの上に多数の X線照射窓を有して測定効率を高める独自の構造を考案した。こうした構造の性能を評価するために、高速電子線描画装置を利用して、4インチ窒化ケイ素膜付きウエハ上に様々なパターンのマイクロ流路デバイス構造を直描し、オフラインでの評価に取り組んだ。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製したマイクロ流路デバイス(Fig. 1)は、兵庫県播磨の SPring-8 サイト内の X線自由電子レーザー施設 SACLA において評価した。金ナノ粒子表面に静電的な官能基を有する有機分子を修飾し、液中において凝集した構造体の計測を行った。実験に利用する真空チャンバー中では、想定通り計測前の溶液試料をデバイス中に保

持できていることを確認した。SACLA のフェムト秒シングルパルス X線により、デバイス内部の金ナノ粒子集合体からの回折パターンを取得することに成功し、さらに反復的な位相回復計算法と組み合わせることにより、液中において緩やかに結合したナノ粒子集合体構造の数ナノメートル分解能での可視化を実現した。

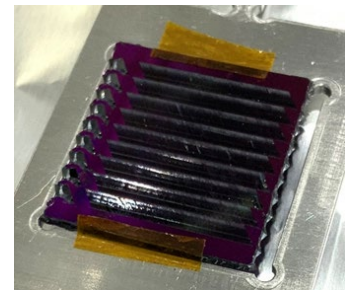


Fig. 1 Photograph of the microfluidic device for XFEL imaging. (23 mm × 23 mm)

4. その他・特記事項 (Others)

【競争的資金】

JST さきがけ「ビッグデータアプローチによる X線レーザーイメージングの高度化」 科学研究費補助金(基盤研究 B)「X線シングルショット顕微分光イメージングの実証」

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

【論文】

1. T. Kimura *et al.*, Review of Scientific Instrument, 91, 083706 (2020).
2. Chi-Feng Huang *et al.*, AIP Advances, 10, 055219 (2020).

【学会発表】

1. 木村隆志ほか、BL07LSU における新規軟 X線イメージング技術の開発, ISSP Workshop 2021 先端軟 X線科学への基幹技術, 2021/03/04, ZOOM

6. 関連特許(Patent)

なし