

超高エネルギー密度状態生成のためのナノワイヤーアレイ試料の開発 Development of nanowire array target for ultra-high energy density state generation

田中大裕¹、前田優斗¹、弘中陽一郎¹、川崎昂輝¹、玉川拓実¹、坂和洋一¹、太田雅人¹、江頭俊輔¹、兒玉了祐¹、尾崎典雅²、染川智弘³、宮西宏併⁴、末田敬一⁴、簀内俊毅^{4,5}、犬伏雄一^{4,5}、富樫格^{4,5}、

新宮原正三⁶、清水智弘⁶、佐々木涼⁶、重森啓介¹

Daisuke TANAKA, Yuto MAEDA, Youichiro HIRONAKA, Tomohiro SHIMIZU, Keisuke SHIGEMORI et al.

¹阪大レーザー研,²阪大院工,³レーザー総研,⁴理化学研究所光科学研究センター,
⁵高輝度光科学研究センター,⁶関大ナノ機能物理工学研究所

¹Institute of Laser Engineering, Osaka Univ., ²Graduate School of Engineering, Osaka Univ.,
³ILT, ⁴RIKEN SPring-8, ⁵JASRI, ⁶Nano Physics and Engineering, Kansai Univ.

背景

CPA 法による超高強度レーザーの登場によりレーザー核融合をはじめとする高エネルギー密度科学は大きな進展を迎えた。しかしプラズマの臨界密度によりレーザーエネルギーは十分に吸収されず、1 GBar を超えるような超高エネルギー密度状態はレーザー核融合の炉心プラズマのようなごく限られた領域でしか作り出せなかった。この問題を解決すべく様々なナノ構造体ターゲットが提案され、我々はそのうちナノワイヤーアレイ（以下 NW アレイ）に注目した。

NW アレイは直径が数 100 nm、長さ数 μm ほどのごく小さなワイヤーが基板上に垂直に整列した状態である。この表面構造をもつ試料にレーザーを照射することにより、ワイヤー間の空隙にレーザー光が進入し、従来よりも高い効率・大きな体積で超高エネルギー密度状態が生成できることが指摘されている^[1]。

本講演では、超高エネルギー密度状態生成のための NW アレイの開発、そして同ターゲットを用いた実験結果について報告する。

NW アレイ作成手順

NW アレイは自己組織化ナノ構造体である陽極酸化アルミニウム（Anodic Aluminum Oxide, AAO）を用いて作成される。AAO にはナノホールと呼ばれる直径数 100 nm の穴が開いており、このナノホール間に金属をメッキ等で充填することにより NW 構造を形成する。

まず、2 回にわたる陽極酸化を研磨した高純度 Al 板に実施することで、Al 板表面に AAO を形成する。その後、Al を除去して AAO 膜のみを分離する。この時 AAO 下部

にはバリア層と呼ばれる薄い AAO の層が残るため、これをリン酸によって除去することにより、ナノホールを貫通させる。その後 AAO 下部に金を 100 nm 程度スパッタすることにより、その後の工程で必要となる電極基板面を形成する。さらに電極面を選択的に電解めっきすることで補強し、その後ナノホール内を金属でめっきすることによりナノホール内に金属を充填する。

金属が充填されたのちに、AAO のみを NaOH 水溶液で選択的に除去することにより、基盤と NW アレイのみが残った NW 試料が完成する。図 1 に完成した NW 試料表面の電子顕微鏡（SEM）による像を示す。

NW 試料は用途によって材質を変えることが可能であり、高速電子観測や X 線シャドウグラフ計測の最適化のため NW アレイが Ni、基板部に Cu を用いた異物質ハイブリッド NW アレイの作成にも成功している。

レーザー照射実験結果

開発した Cu 製 NW アレイに対して大阪大学レーザー科学研究所の LFEX レーザーの照射実験を行った。その結果、発生した Cu の特性 X 線は通常の平板ターゲットと比較して増大した。これは NW アレイの著しい加熱を表した。今後はこれらのメカニズムの解明のほか、この結果にもある X 線の高輝度化を活用した X 線源の開発なども視野に入れる計画である。

参考文献

[1] M. A. Purvis et al, Nat. Photonics. Lett. 7, 796-800 (2013).

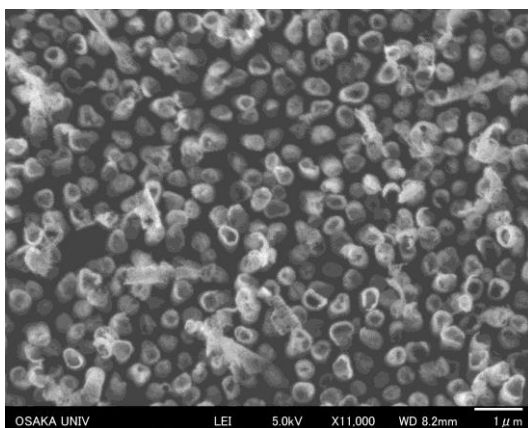


図 1 作成した NW アレイの SEM 像

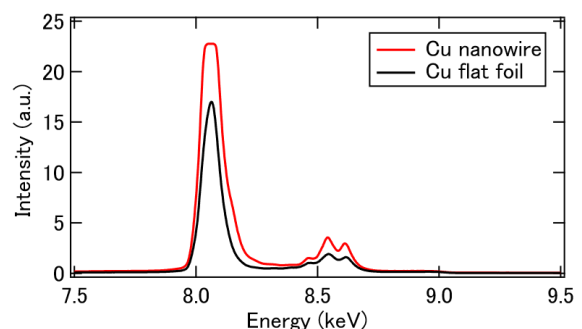


図 2 LFEX の照射により発生した特性 X 線の NW アレイと平板との発生量の比較