

LIBS用小型高繰返し周波数レーザー

Håkan Karlsson, Elizabeth Illy, Bertrand Noharet & Tania Ireb

レーザー誘起ブレイクダウン分光 (LIBS) は金属、半導体、ガラス、生体組織、プラスチック、土壌、薄膜コーティング及び電子部品等の広範囲な材料に対して、高速化学分析を可能にさせる発光分光分析法で、LIBSはオンライン元素分析を現場で使用できる程の小型化に成功後、注目を集めている技術です。この技術は産業用途として、入手が容易なレーザー発振器、分光器及びCCDカメラ等の製品を用いることによって可能です。本文では繰返し周波数、数kHzの小型レーザーがLIBSシステムの小型にどのように貢献できるかご紹介致します。



LIBSとその応用

LIBSはターゲットとなる材料の表面上に高エネルギーパルスレーザーを集光し、蒸発されたプラズマを発生させる必要があります。初期のプラズマは極めて高温(>100,000 K)となり、蒸発された物質は励起された原子とイオンを解離させ、冷却過程の間に原子線は分光器で検出されます。この方法は固体、液体、気体のどの状態にも関わらず、高速かつ高感度で検出することができます。通常の測定限界は重金属に対してPPMレベルです。サンプルに対する事前準備は特に必要なく、少量の蒸発で済むことから、この方法は非破壊検査であるとされています。LIBSにおける他の長所は、表面の汚れを除去することが可能で、深さ方向の情報を検出が出来ることにあります。

LIBSは金属含有分析、太陽電池分野の品質管理、プラント、土壌分析、鉱山発掘、捜査科学、生物及び生物兵器による検出等の理化学から産業用まで多岐に渡るため、魅力的な技術です。

特に興味深いのはオンライン分析や金属スクラップ工場や産業プラント（アルミニウムや鉄など）での可能性です。このスクラップされた仕分け技術の発展は、より高率的なリサイクリングをもたらし、生産ラインでの設置面積の削減にもつながります。

LIBS技術のレーザー、分光器及びCCDカメラを含む典型的な実験配置図はFig.1になります。

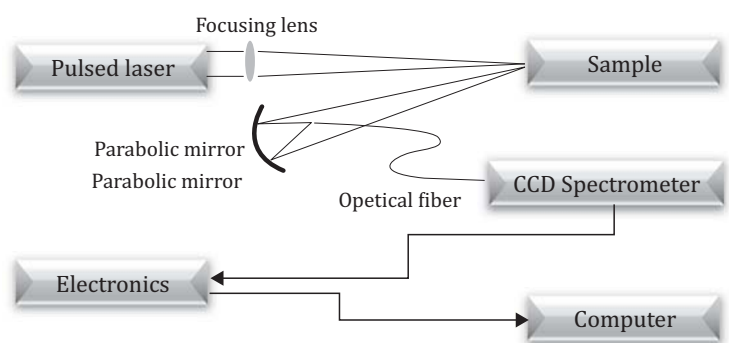


Fig 1: Schematic view of the different components

LIBSに適するレーザー

低繰返し(<10 Hz) 1064 nm Nd:YAG Qスイッチレーザーは10~100 mJのパルスエネルギーとナノ秒クラスの短いパルス幅(4~5 ns)から、標準的な励起光源として長い間使用されてきましたが、大型で消費電力が大きく産業用のオンラインとしてLIBSを使用するには、不向きでした。

近年、mJクラスのパルスエネルギーで40 nsよりも長いパルス幅を持つ産業用ファイバーレーザーがプラズマを生成するに当たり良い結果を示しております。

プラズマの発生とその特性はパルスエネルギーだけではなく、パルス幅、繰返し周波数及び波長によって影響されるのは周知の通りです。その他のレーザーの重要な特性はパワー密度に関係するビーム品質です。

Cobolt Tor™は数kHzの繰返し周波数、100 μJクラスのパルスエネルギー、数nsのパルス幅と高ビーム品質(M2<1.3)を持つ、新しいタイプの小型で高性能なLD励起Qスイッチレーザーです。このCobolt Tor™ (8 kHz, 4ns, 150 μJ)をLIBSに使用し、Al合金から発生されたスペクトルは低繰返し周波数の

フラッシュランプ励起Qスイッチレーザーと比較しました。Cobolt Tor™からのビームは焦点距離50 mmのレンズで試料に集光され、LIBSスペクトルはCCD分光器で記録されました。結果は下記のfig.2で示されます。

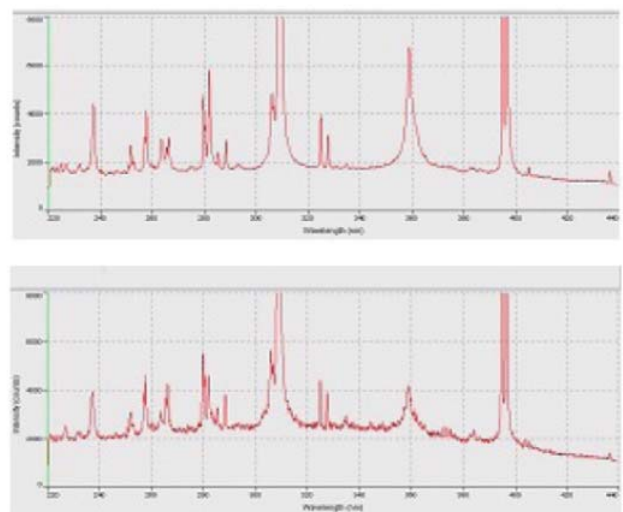


Fig 2: LIBS data from an Al sample collected with Cobolt Tor™ (top) and a flashlamp pumped Nd:YAGs

両レーザーともAlの発光スペクトルを持つ優れたLIBSデータを生成することが出来ます。Cobolt Tor™ の主な長所はより小型でレーザーヘッドはわずか125 x 70 x 45 mm、付属のコントローラは190 x 72 x 28 mmです。レーザーヘッドの消費電力の典型値は<30 Wと、携帯型の産業用LIBSシステムの

実現を可能にさせます。(Fig.3) LIBSにおいてCobolt Tor™ レーザーの高い性能は、試料上の極めて小さい集光点において高強度を可能にさせる高いビーム品質によるところが大きいです。ユニークな共振器設計はパルス間のジッターを小さくさせ、検出器への同期されたゲート信号検出を容易にさせます。



Fig 3: The Cobolt Tor™ Laser System

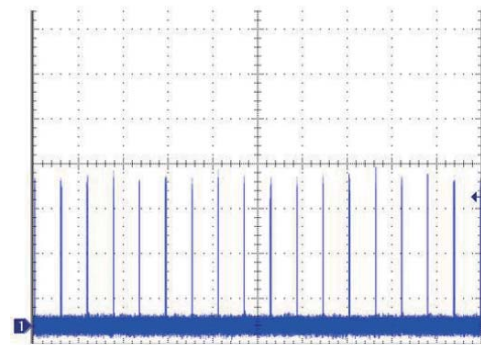


Fig 4: Pulse train at 8kHz repetition rate of The Cobolt Tor™ 1064 nm Laser

結論

LIBS技術は効率的なりサイクリングに対して、オンラインの金属スクラッピング及びソーティング分野に高い可能性を持っております。Coboltは今回、高いビーム品質をもつ高繰り返しパルスレーザーを

LIBSに使用したところ良好な結果が得られました。さらにLIBSシステムの小型が可能で産業用途に適切です。

謝辞

この開発はACREO Swedish ICT と Serea KIMABとの支援により行われました。

参考文献

1. Scharun et al, Spectrochimica Acta Part B 87(2013) 198-207
- 2 Radziemski et al, Spectrochimica Acta Part B 87(2013) 3-10
- 3 Ahmed et al, Journal of Applied Physics 106 (3) (2009)
- 4 Winefordner et al, Journal of Analytical Atomic Spectroscopy 2004 (19) 1061-1083
- 5 Noharet et al Photonics West, SPIE vol. 8992 89920R-1 (2014)



Cobolt AB社について

Coboltは高性能なCWレーザーとQスイッチレーザーを先進的な分野に貢献致します。