生体組織分析のための小型レーザー誘起ブレイクダウン分光システム

Small-sized laser-induced breakdown spectroscopy system for elemental analysis of bio-tissues

東北大学大学院医工学研究科 [1]　○中川 誠 [1]，松浦祐司 [1]

Tohoku Univ. Graduate School of Biomedical Engineering [1], ○Makoto Nakagawa[1], Yuji Matsuura[1]

E-mail: makoto.nakagawa.p1@dc.tohoku.ac.jp

1.　はじめに

爪や毛髪などの生体組織の元素分析により，体内のミネラルバランスを知ることができる．従来は質量分析装置などを用いた手法が用いられてきたが，装置が大規模かつ測定に長時間を要するという難点があった．高強度パルスレーザ光を試料に集光照射する際に発生するプラズマ発光を分光分析するレーザ誘起ブレイクダウン分光法(LIBS)は，in situ での分析が可能である[1]が，測定には高ピークパワーが必要なため，これまではQ スイッチ Nd:YAG レーザが主に利用されてきた．本研究では，システムの小型化のために，マイクロチップレーザを用いた LIBS 測定を構築し，ヒト毛髪の元素分析を試みたので報告する．

2.　実験方法および実験結果

実験に用いた測定系の概略図を図 1 に示す．実験は大気圧下で実施し，光源として Q スイッチ型マイクロチップ Nd:YAG レーザー（波長 1064 nm）を用いた．より高強度なプラズマ発光を得るには，高いレーザ光強度が必要なため，ビームエキスパンダ(焦点距離 -25mm，125mm)でビーム拡大を行ったうえで，レンズ(焦点距離 100 mm)によってレーザ光を対象物表面に集光照射した．パルス繰返し周波数は 100 Hz，パルス幅は 2 ns，パルスエネルギーは 2 mJ (1064 nm)である．試料から発生したプラズマ光は，コア径 600 μm，NA 0.37 のステップインデクスファイバで検出し，ファイバー入射型小型分光器（波長範囲 354-484 nm，分解能 0.13 nm）によって測定を行った．

LIBS に用いるものとしては，比較的低いパルスエネルギーであるために，十分な検出感度が得られるように，積分時間 1 ms で 300 回波長スキャンを行い，それらを積算して LIBS スペクトルを得た．測定に要する時間は 30 秒である．また，50 区間での移動平均をとり，これを取得したスペクトルから差し引くことで，ベースライン補正を行った．さらに検出化の向上を目的として，プラズマの発生効率を向上させる効果のある Ar ガス[2]雰囲気中で測定を行った．実験ではレーザ照射点にノズルを用いて Ar ガスを噴射した．

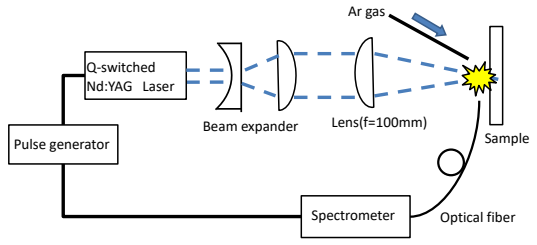

図 1　実験系概略

図 2 に測定したヒト毛髪の LIBS スペクトルを示す。空気中では 3 種類の無機元素(Ca，Ti，Sr)と，1 種類の分子結合(C-N)に依るピークが検出された．検出された無機元素はどれも毛髪に含まれる微量金属であることが知られている．また，Ar ガス雰囲気中では，上記のピークに加えて，H と C-C の分子結合によるピークが見られた．さらに，スペクトル(Ca I: 393.3 nm)の強度が約 1.2 倍向上した．

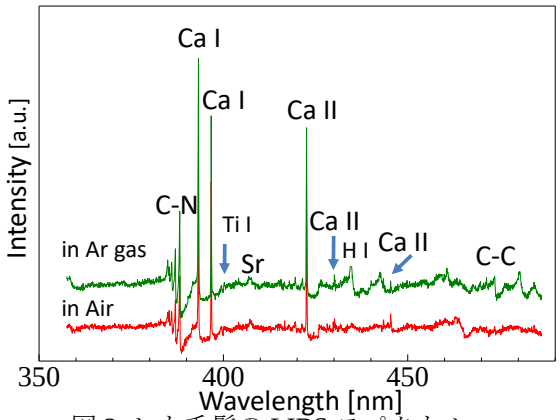

図 2　ヒト毛髪の LIBS スペクトル

3.まとめ

マイクロチップ YAG レーザによる LIBS を用いてヒト毛髪の分析を試みた結果，プラズマ生成に十分な光パワー密度を形成することにより，明瞭な LIBS スペクトルが得られ，微量鉱物成分の検出に成功した．なお，従来の Q スイッチ Nd：YAG レーザの高ピークパワーでは，損傷が大きく分析が難しかった毛髪から安定して LIBS スペクトルが得られたのも成果の一つである．今後は測定スペクトル帯域をさらに拡大し，より多くの元素の検出を試みるとともに，測定の高速化，定量分析の実現についても検討を行う．

参考文献

[1] S. Sasazawa et al., J. Biomed. Opt. 20, 065002, (2015).

[2] N.Farid et al., Physica Scripta 85, 1-7 (2012)

© 2020年 応用物理学会