

17th International Conference on Laser Ablation (COLA2024)

参加報告書

産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門

屋代 英彦

(2023 年度 国際会議等参加助成 AF-2023243-X1)

キーワード：レーザー、アブレーション、レーザープロセス

1. 開催日時

2024 年 9 月 29 日～10 月 4 日

2. 開催場所

ギリシャ、ヘルセニソス（クレタ島）

3. 学会報告

COLA (Conference on Laser Ablation) は 2 年ごとに開催されるレーザーアブレーション現象を含む全てのテーマを対象とした会議である。そのため現在産業に用いられている CW, ナノ秒パルスのレーザー切断、穴開け、溶着加工等のテーマから、フェムト秒パルスレーザーによるナノ周期構造の表面加工、透明材料の穴あけ、切断、さらには立体造形 (Additive Manufacturing)、パルスレーザーアブレーションを用いた PLD 成膜 (Pulsed-Laser Deposition) など次世代の工業応用に期待されるテーマの研究発表が含まれる。会議自体は Plenary Talk 3 件、Invited Talk 8 件を含む多数の発表がシングルセッションで行われた。この学会は 1 回目から開催地に風光明媚な観光地が選ばれ、筆者は 2 回前のハワイマウイ島、島根県松江市に引き続き 3 回目の出席であった。今回開催されたギリシャ、クレタ島は 21 年前の 7 回に開催された場所で、開催地のヘルセニソスはギリシャ神話で有名な半牛半人のミノタウロスが幽閉されていたクノッソス宮殿遺跡からバスで 1 時間程度の場所である。会場はこの街のエーゲ海の海岸沿いのリゾートホテルで開催された。クレタ島はエーゲ海の南の島であるが、乾燥した土地なのか植物はほとんどがオリーブの木で、地面からの草はほとんど生えていなかった。また、期間中はずっと雲一つない晴天が続いていた。

参加者はロシアのウクライナ侵攻の政治情勢を受けてロシアからの参加者は無く（ビザ自体が取れないと思われる）、中国からの参加者もほぼいなかつた。直後に ICALÉO 等の会議があることから北米からの参加者も大変少なく、参加国中の最大参加者は日本からが 30 人以上と開催国ギリシャを抜いて多かった。次いで開催国のギリシャ、レーザー開発およびレーザープロセス研究の強いドイツ、リトアニア、フランスと続いていた。それでも参加者は 200 人前後の登録者がいた。往路の航空機のヨーロッパ便が北極回り、復路が黒海のトルコ側を通過しロシアの外側を通過している航路なども最近の世界情勢を感じさせられた。



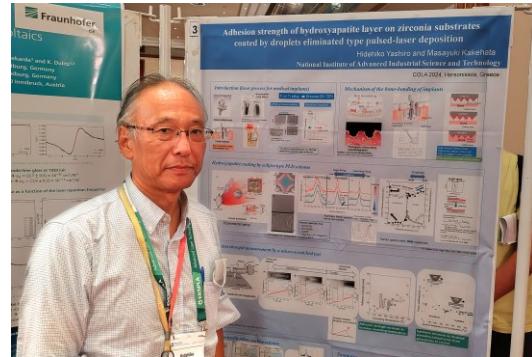
クノッソス宮殿遺跡にて左より福岡工大田辺
さん、水野君、弘前大花田さん、筆者

筆者らは整形外科、歯科用のバイオマテリアル用インプラントの母材候補であるジルコニアセラミックスへのレーザープロセスを応用した研究を進めている。そのうちジルコニアインプラントの骨固着を促進するフェムト秒レーザー照射の表面ナノ周期構造の形成、その表面に行うハイドロキシアパタイト成膜を PLD 法で行う研究を並行して進めている。筆者は PLD 法成膜に関する 2 件の報告を行った。1 件はすでに論文掲載済み

[<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2024.130679>]

のジルコニア基板上への密着強度のアニール温度依存性に関する報告を行った。歯科用インプラント等では低密着力、多孔質上の成膜などから埋植時にハイドロキシアパタイト成膜が剥離し、その剥離片が原因で炎症が生じることが知られている。予め成膜がないものが現状の Ti 製品では主流である。液滴を排除した PLD 法では多孔質状の膜にならず、ジルコニアの場合、アニール温度が高いほど非常にハイドロキシアパタイト膜の高い密着力が得られた。また、成膜時に基板の温度に応じて密着性が桁違いに高くなることから常温で成膜を行う他の方法より PLD 成膜が生体内に長期間存在し有効であることを報告した。別件はラマン分光ではアニール温度に依存し結晶性の上昇した透過電子顕微鏡での結晶粒の大きさの評価の結果を示した。

本学会では天田財団の助成で複数の方の報告があるので、件数は多くないが PLD 成膜に関連する誘電体をターゲットにした研究報告を行う。Gigaphoton (Imokawa ら) は SiC 上に成膜した SiN (バンドギャップ 3.3eV) に KrF エキシマレーザー(5.0eV) を照射し SiC 中に大量の N-Dope を 4kHz の高繰り返しレーザーで達成した。チェコのグループは CuI (バンドギャップ 3.1eV) の成膜に Nd:YAG レーザー第 4 高調波 (光子エネルギー 4.7eV) を用いて行い PLD 成膜研究を行っているが、その場でのプラズマの診断の方法を紹介した。また、デンマークの LHM では B₄C の PLD 成膜を KrF エキシマレーザープレーリングにより行い、その際に発生する液滴をポストパルスにて除去する方法をポスターにて紹介していた。実際にはポストパルスレーザーの遅延時間の最適化を行っても 50% 程度の除去率とのことだった。KrF レーザーの光子エネルギーは B₄C のバンドギャップを大きく超えるため、照射強度の最適化で液滴自体の発生は避けられるのではとコメントして議論を行った。また、フェムト秒レーザーの誘電体加工では加工対象のバンドギャップとレーザーが 2 光子で超えることで効率良い加工ができると報告があり、ns レーザー照射では 1 光子励起が fs レーザーでは 2 光子励起と過程は異なるもののバンドギャップ前後の光子エネルギーで変化があることは原理的には同じ考え方であろうことを議論した。現在、多くのレーザープロセスが非常に使いやすくなってきたフェムト秒レーザー加工の新規テーマが増加す



ポスター発表での写真

る傾向がある。一方、誘電体材料のバンドギャップと短波長のアブレーションレーザーの選択で高精細な加工が期待でき、ns パルスでも短波長レーザープロセスの新規テーマは多くある。ウクライナ紛争による Ne 等のガスの高騰からエキシマレーザーの応用が制約を受けていたが、ガス供給の安定によりこの方面的のレーザープロセスも活発になることを期待する。

今回の学会で様々な誘電体をターゲットとした PLD 研究の研究者と議論を行うことで、筆者らが行っているハイドロキシアパタイト成膜の研究の原理解明は大きく進展した。元来ハイドロキシアパタイト成膜はバイオマテリアルの研究材料であり、半導体のようなバンドギャップの発想はない。しかし、ターゲット材質の β 型 3 リン酸カルシウム、ハイドロキシアパタイト等のリン酸カルシウムの光学特性、特にバンドギャップエネルギーとアブレーションレーザーの波長の関係が半導体物質同様に成膜の品質、成膜速度に大きくかかわっていることが判明した。このように本学会に参加することで研究成果の議論を深めることができ、非常に有意義であった。

謝 辞

今回の会議では単に発表だけではなく、同種の研究を行う研究者との議論を通じて現象の解明につながるきっかけとなった。この会議への参加に助成を頂いた天田財団に深く感謝いたします。