

レーザーアブレーションによる酸化亜鉛マイクロ結晶球生成の挙動観察

田崎涼平、永寄史明、藤原優輝、東島三洋、池上浩、中村大輔
(九州大学大学院 システム情報科学府)

1 はじめに

酸化亜鉛 (ZnO) は 3.37 eV の大きなバンドギャップエネルギーと 60 meV の励起子束縛エネルギーを持つ酸化物半導体であり、高効率な紫外発光素子として強く注目されている。我々は、大気中レーザーアブレーションによる酸化亜鉛マイクロ結晶球の合成に成功し、光励起によるウィスパーリングギャラリーモード (Whispering gallery mode: WGM) レーザ発振を実証している[1]。マイクロ結晶球は、レーザーアブレーションによって瞬間的に熔融した酸化亜鉛焼結体が表面張力によって球体を形成しながら固化することで合成される。最近では本手法の急速な加熱・冷却過程を不純物ドーピングに適用する試みを行っており、生成効率の向上やドーピング手法を確立する上でマイクロ結晶球の合成過程を明らかにすることは非常に重要である。そこで本研究では高速度カメラを用いて大気中レーザーアブレーションによって飛散するドロップレットの時間分解観察を行った。

2 実験

レーザー照射時のターゲット表面の時間分解観察

酸化亜鉛焼結体ターゲットに対し、Nd:YAG レーザ(波長 1064 nm、繰り返し周波数 10 Hz)を集光照射し、その様子を高速度カメラで観察した。レーザー装置は Q スイッチ動作(パルス幅約 16 ns)と Long Pulse 動作(緩和発振)の切り替えが可能である。Long Pulse 動作では 1 回のフラッシュランプ励起においてパルス幅 200 ns~2 μ s のパルス列が 10shots 程度出射される。このパルス列の繰り返し周波数は約 200 kHz に相当する。実験では Q スイッチ動作 1shot と Long Pulse 動作 1 パルス列を同一エネルギー (20 mJ) に調整して照射した。その結果、Q スイッチパルスではターゲット表面に熔融痕が見られたもののドロップレットの生成はほとんど確認されなかった。一方、Long Pulse 動作のパルス列を照射した際、多くのドロップレットが飛散することを確認した。Fig. 1 に Long Pulse 動作のレーザー光を照射した際の高速度カメラの画像を示す。黒枠はパルスが照射された瞬間の画像を示し、画像の上の数値は経過時間を表す。Fig. 1 より、第 3 パルス照射まではドロップレットの飛散は確認できないが、第 4 パルス以降は照射されるごとにドロップレットが飛散していることがわかる。このことから、先に照射される 3 パルスはターゲットの熔融に寄与し、それ以降のパルスによるレーザー生成プラズマの衝撃でドロップレットが飛散していると考えられる。

飛散したドロップレットは照射スポット付近に設置した Si 基板にて捕集することができる。捕集したドロップレットとターゲット表面の照射痕を走査型電子顕微鏡 (Scanning electron microscope: SEM) により観察した。Fig. 2 に示すようにマイクロ結晶球は滑らかな表面をもつ球体形状であり、光励起による WGM レーザー発振を確認した。照射されたターゲット表面には加工痕周囲にデブリが付着していることを確認した。さらに、カラー高速度カメラを用いてレーザー照射の様子を観察し分光輝度値の比により熔融ターゲットの温度の見積もりを行った。その結果、熔融ターゲットは約

2300°C まで温度上昇していると見積もられた。

3 まとめ

本研究では高速度カメラを用いてレーザーアブレーション法による酸化亜鉛マイクロ結晶球合成の時間分解観察を行った。Long Pulse 動作のレーザー照射時にドロップレットが生成される様子を撮影することに成功し、温度を見積もることができた。今後は、光渦レーザーによるドロップレット制御を試みる予定である。

参考文献

- [1] K. Okazaki et al, Appl. Phys. Lett. 101, 211105 (2012)

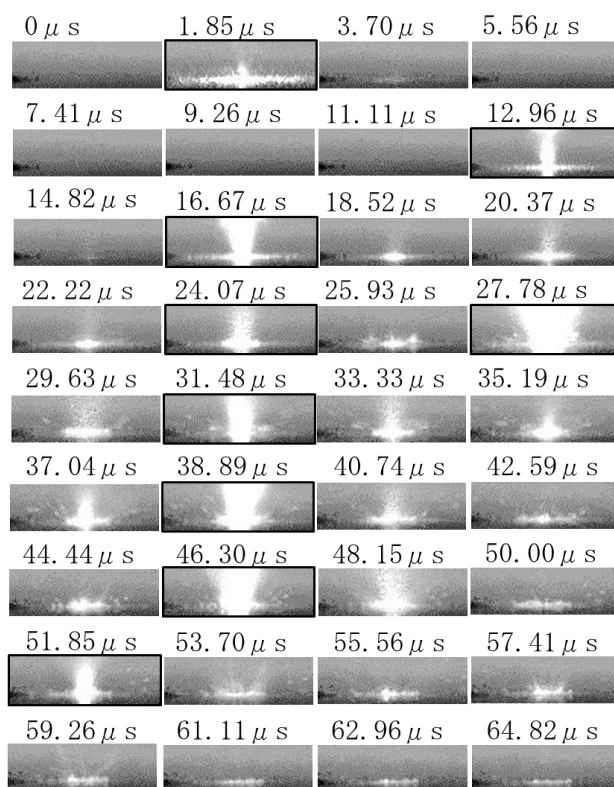


Fig. 1 High speed camera images of the target surface after laser irradiation.

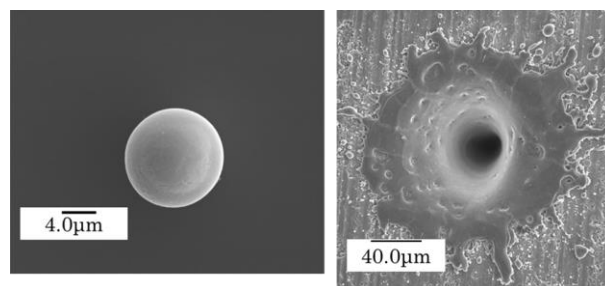


Fig. 2 SEM images of a ZnO microsphere and the irradiated surface.