

要 旨

レーザービームとターゲット材料との相互作用によって発生するブルームに関する研究の一環として、その発生形態と動的挙動を顕微鏡、超高速ビデオカメラ、その他によって観察した。その結果、ブルームの形態・動的挙動はレーザー発振方式に強く依存し、ブルームと同時に発生する光、音との間に一定の関係のあることが明らかになった。

1. 緒言

レーザー熱加工時に発生するブルームは、ビームを反射・散乱し、また光学系を汚染・損傷するばかりでなく、加工部の成分組成を変化し機械的性質を劣化する原因になることが知られている。一方、ブルームの発生に伴う反力はレーザー加工の特徴の1つであるキーホール型加工の駆動源となり、さらにプロセスモニタリングのための信号源としても注目されている。しかし、ブルームの詳細については不明確な点が多く、モニタリングシステムも確立していない。そこで本研究ではブルームの形態、動的挙動などについて新たな観察・計測システムを構築し検討した。

2. 実験装置と方法

Fig.1 に、最大撮影速度40,500駒/秒の超高速ビデオカメラ、ブルームの光強度測定用フォトダイオード、噴出音測定用マイクロホンなどから構成した

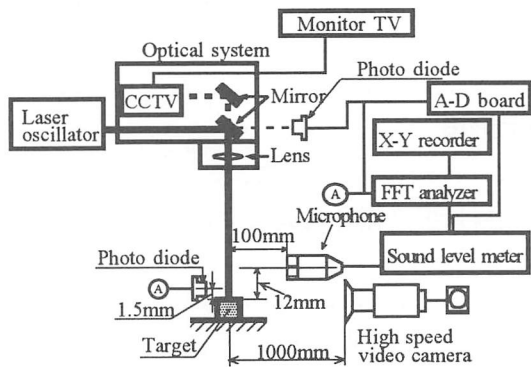


Fig.1 A schematic configuration of measuring system of plume sound.

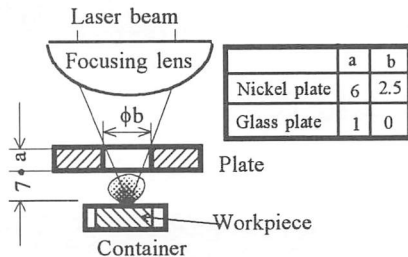


Fig.2 A schematic illustration of collection of evaporation particles.

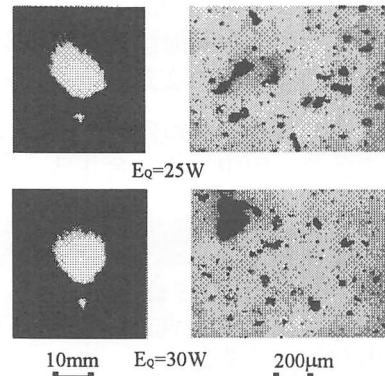
実験システムを示す。レーザー装置は、波長1.06 μm、出力300WのマルチモードタイプのNd:YAGレーザー発振器を搭載し、連続(CW)とQスイッチによる99kHzまでのパルス発振が可能なもので、焦点距離

100mmの集束レンズを装着している。Fig.2に顕微鏡観察、X線回折分析用ブルームの捕集方法を示す。

3. 実験結果と考察

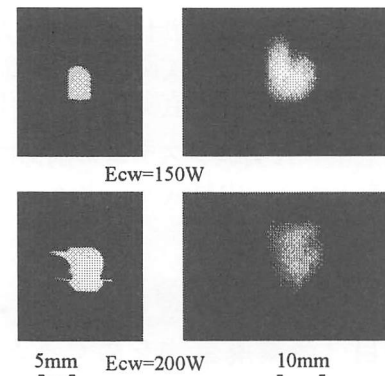
3.1 ブルームの形態

Fig.3, Fig.4に、QスイッチおよびCW発振の場合に撮影されたブルームの発生状況(A)と捕集したブルームの顕微鏡写真(B)を示す。顕微鏡観察の結果



(A) Plume pattern. (B) Particles pattern collected on glass.

Fig.3 Plume pattern and particles pattern in Q-switch laser.



(A) Plume pattern. (B) Particles pattern collected on glass.

Fig.4 Plume pattern and particles pattern in CW laser.

からブルームは、Qスイッチ発振の場合にはかなり大きな粒子と剥離片のようなさらに大きな形状のものが見られる。これに対してCW発振の場合には大きな粒子や剥離片状のものは見られず、全体が極く微細な粒子から構成されている。このような両者の違いはブルームの発生状況にも現れ、Qスイッチ発振では溶融粒子が飛散するいわゆるスパッタの発生

が多く見られるに対し、CW 発振ではスパッタの発生はほとんど見られない。

Fig. 5に、CW 発振の場合に捕集したブルームの X線回折分析例を示す。分析に際しては、ターゲット材料の主要成分である Al と含有量の多い Mg(4.58%), Mn(0.63%), および回折線の発生に影響を及ぼ

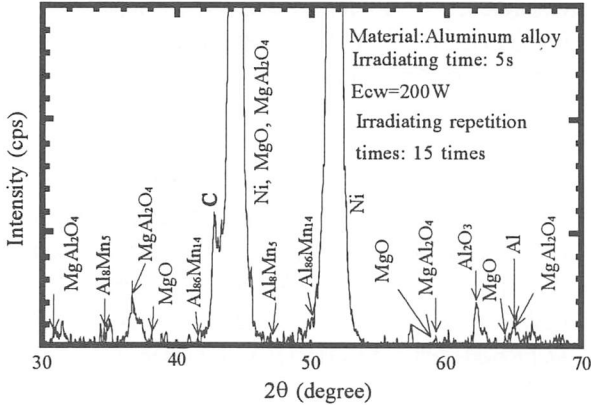


Fig.5 X-ray diffractometer result of evaporation particles produced by CW laser.

すと予想される捕集用ニッケル板からの Ni, カーボン製の試料容器の C, 大気中からの O 元素などから構成される化合物のみを同定した。図において Ni と C のピークは、捕集板と試料容器からのものであり、これらを除く他はブルームを構成する成分と見なすことができる。回折線にはターゲット材料の成分元素同士が結合したものの、大気中の酸素と結合したも

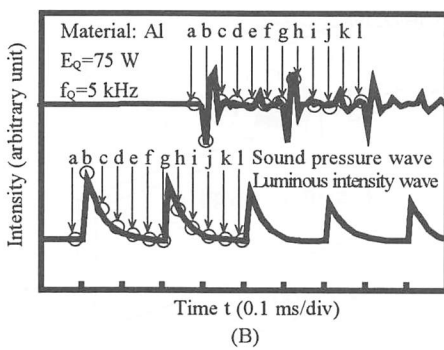
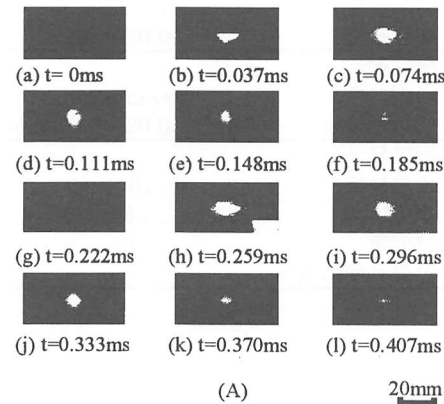


Fig.6 Pattern of plume induced by Q-switch laser.

のなどが見られ、特に化学干渉<sup>1)</sup>によって生じた MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>のピークが多数現れている。本研究で得られた上記の知見と原子吸光スペクトル分析結果<sup>1)</sup>から総合的に判断すると、ブルームはターゲット材料中の成分が①遊離原子の状態、②複数の原子が結合したクラスター状態のものから構成され、その中に③溶解粒子や剥離片が混在したものと見なすことができる。

3. 2ブルームの動的挙動

Fig. 6, Fig. 7に Q スイッチおよび CW 発振の場合のブルーム現象について、27,000駒/秒で撮影した高速度写真(A)、音圧波形および発光強度波形(B)を

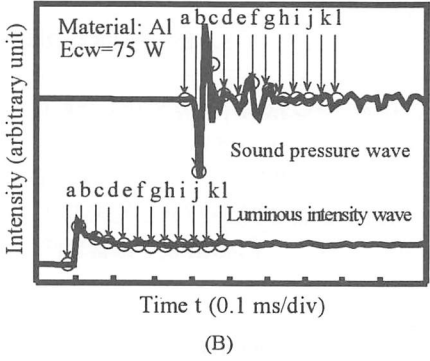
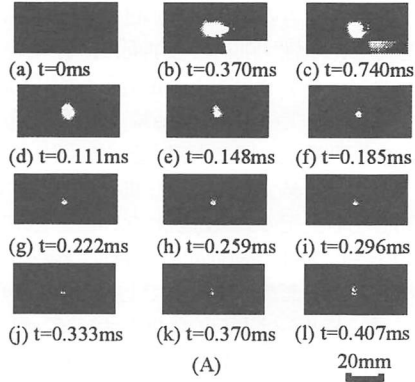


Fig.7 Pattern of plume induced by CW laser.

対応させて示す（小文字のアルファベットは時間軸上で対応）。Q スイッチでの発振周波数は5kHz であり、写真は約2周期分に相当する。ブルームの形状が最大になったときに音圧と発光強度も最大となり、これらは時間軸上でほぼ対応している。Q スイッチ発振の場合、ブルームは発振周波数に対応する爆発的な膨張と比較的緩やかな収縮を繰り返す、音源は呼吸音に近いと見ることができる。これに対し CW 発振の場合にはレーザー照射直後にブルームの形状、音圧および発光強度は最大となるが、これら三者は時間の経過に伴って順次小さくなる。

4. 結言

Nd:YAG レーザ加工時に発生するブルームの構造と動的挙動についての知見を得た。

参考文献

1)二俣ら：YAG レーザブルームに関する分光学的研究（第2報）,高温学会誌, 23,2(1997)pp53-60.