

CO₂ レーザーによる熱的効果を付与したガラス内部への 超短光パルスマイクロ加工

Laser microprocessing inside glass using a femtosecond laser and a CO₂ laser

○浅田 拓斗, 玉木 隆幸 (奈良高専)

○Takuto Asada¹ and Takayuki Tamaki¹ (1.National Institute of Technology, Nara College)

E-mail: a0723@stdmail.nara-k.ac.jp

1. 緒言

現在, 我々は超短光パルスレーザー光であるフェムト秒レーザーと熱効果を付与することができる CO₂ レーザーとを同時照射する 2 波長レーザーマイクロシステムを開発している. ガラス材料内部にフェムト秒レーザー光と CO₂ レーザー光とを同時に照射すれば, フェムト秒レーザー光によって生じた自由電子に CO₂ レーザー光によりエネルギーを与えることができ, フェムト秒レーザー単体の加工と比較し, 広い範囲においてアバランシェイオン化が生じ, 構造変化領域が大きくなると考えられる.

本研究では, 各レーザー出力を変化させ, 2 波長レーザーマイクロ加工法による, 構造変化領域におけるレーザー出力依存性を明らかにする.

2. 実験方法

熱効果を十分付与するために CO₂ レーザー光 (波長 10.6 μm , 繰返し周波数 5 kHz) をガラス材料表面へ任意の時間照射する. 次に, CO₂ レーザー光を照射しながら, 対物レンズ (開口数 0.40) を用いて集光したフェムト秒レーザーパルス (波長 1.06 μm , パルス幅 250 fs, 繰返し周波数 1 MHz) をガラス材料表面から深さ 200 μm の内部に 0.25 秒間照射することにより, ガラス内部に構造変化領域を形成する. このとき, フェムト秒レーザー光のパルスエネルギーを 0.8 μJ ~ 1.4 μJ まで 0.1 μJ ずつ, CO₂ レーザーの出力を 0 ~ 5 W まで 1 W ずつ変化させることにより, 2 波長レーザーマイクロ加工後の構造変化領域における各レーザー出力依存性を調べた. 2 波長レーザーマイクロ加工システムの概略図を図 1 に示す.

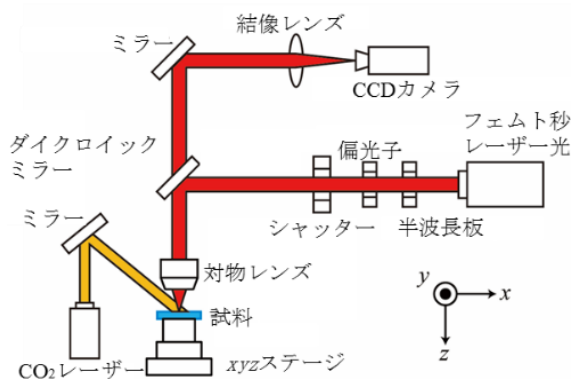


図 1 2 波長レーザーマイクロ加工システム.

3. 実験結果

CO₂ レーザーの出力を 0 ~ 5 W, フェムト秒レーザー光のパルスエネルギーを 1.0 μJ 一定として加工した場合のガラス内部に形成された構造変化領域の観察結果を図 2 に示す. また, 各レーザー光の出力を変化させた場合の構造変化領域の直径の倍率を図 3 に示す. 倍率は 2 波長レーザーマイクロ加工を用いた場合の屈折率変化領域の直径をフェムト秒レーザー単体加工を用いた場合の屈折率変化領域の直径で除して求めた.

図 2, 図 3 より CO₂ レーザーの出力の増加に伴いフェムト秒レーザーによる構造変化領域の直径の大きさが増加していることが確認できる. このため, 2 波長レーザーマイクロ加工を用いれば, フェムト秒レーザー単体の使用時と比較し, 最大でおよそ 2 倍の直径の構造変化領域が得られる.

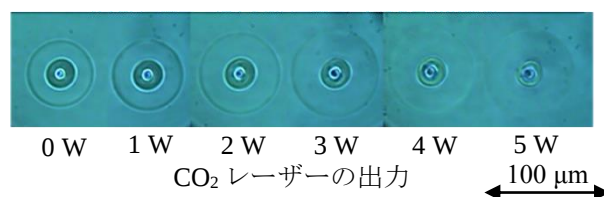


図 2 CO₂ レーザー出力を変化させたときの構造変化領域の観察結果(フェムト 1.0 μJ 一定).

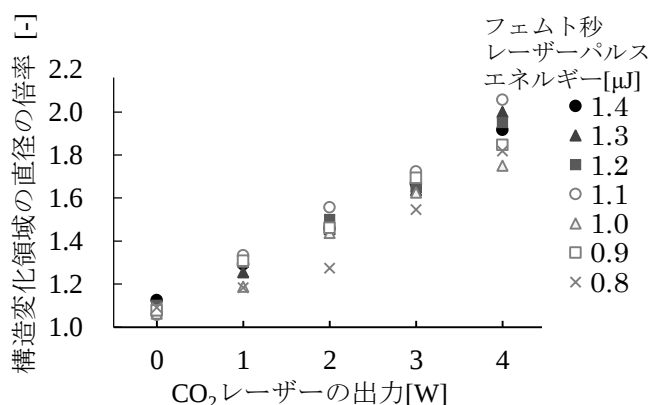


図 3 各レーザー光の出力を変化させた場合の構造変化領域の直径の倍率.

4. 結言

2 波長レーザーマイクロ加工法は, フェムト秒レーザー光のパルスエネルギー, および, CO₂ レーザーの出力増加に伴い, フェムト秒レーザー単体の加工と比較し, 構造変化領域が大きくなることが示された.