

短いパルス間隔のダブルパルス照射による液中レーザープラズマの発光挙動

Behavior of emission from laser plasma produced by short-interval double-pulse irradiation in water

京大エネ理工研¹, 京大院工² °田村 文香¹, 松本 歩¹, Yu Qin¹, 中嶋 隆¹, 深見 一弘¹,
尾形 幸生¹, 作花 哲夫²Inst. Adv. Energy, Kyoto Univ.¹, Grad. School of Eng., Kyoto Univ.²°Ayaka Tamura¹, Ayumu Matsumoto¹, Yu Qin¹, Takashi Nakajima¹, Kazuhiro Fukami¹,
Yukio H. Ogata¹, Tetsuo Sakka²

E-mail: tamura.ayaka.88m@st.kyoto-u.ac.jp

1. 緒言

レーザーアブレーション放出種の発光スペクトル測定は、多様な元素に適用できる一般的な液中固体表面のその場元素分析法として期待されている。ところが、液相中ではプラズマの膨張が液体によって妨げられ、その密度が非常に高くなるため、パルス照射直後に強い連続スペクトルが発生する。我々は、ロングパルス (~100 ns) で照射することによって、元素特有の発光スペクトルが明瞭になることを報告した[1]。これまで、パルス前半でのアブレーションとパルス後半でのアブレーション放出種の励起が明瞭なスペクトル線を得るために重要であると考えられているものの、そのメカニズムは十分に解明されていない。本研究では、パルス間隔の短い (~80 ns) ダブルパルス照射でロングパルスを模擬し、得られたスペクトル形状を比較した。また、パルス幅を変化させ、スペクトルと同時に発光強度の時間変化を測定することで、プラズマの状態の時間変化と照射パルスの形状との関係を明らかにした。

2. 実験方法

ターゲットにアルミニウムを用い、水中でレーザーアブレーションを行った。発振波長が 1064 nm の Q スイッチ Nd:YAG レーザー (パルス幅 30 ns, 50 ns, 100 ns) を 1 台用い、ビームスプリッターで 2 つに分割し、光路長に差をつけ、再びビームスプリッターで 2 つのパルスを結合させることでダブルパルスを得た。パルス間隔 76 ns, 第 1 パルスのエネルギー 0.9 mJ, 第 2 パルスのエネルギー 1.4 mJ とした。パルス波形は、Si-PIN フォトダイオードを用いて測定を行った。さらに、発光スペクトルは、ICCD を装備した分光器を用いて測定し、遅延時間とゲート幅を 1 μs とした。

3. 結果および考察

Fig.1 に、パルス幅を変えて得られたダブルパルスの波形を示す。パルス間隔が一定であるため、パルス幅が短いとパルスは分離し、パルス幅が長いと連続した 1 つのパルスとなることがわかる。このような形状のダブルパルスを照射することにより得られた発光スペクトルを Fig.2 に示す。図からパルス幅に依存してスペクトル形状が大きく変化することがわかる。照射したレーザーのパルス波形が連続的な場合、明瞭なスペクトルが得られる (Fig.2(c))。一方、パルス波形が分離している時、変形したスペクトルが得られる (Fig.2(a))。また、発光強度の時間変化を観測すると、パルスが分離した時には第 2 パルス照射前にプラズマの発光が減衰していることがわかった。このことから、パルス前半で生成されたプラズマを継続的に励起し続けることが重要であるといえる。発光が一度減衰した時に明瞭なスペクトル線が得られないのは、プラズマが第 2 パルスを吸収しにくくなり、放出種の再励起が十分に行われないためであると考えている。

文献

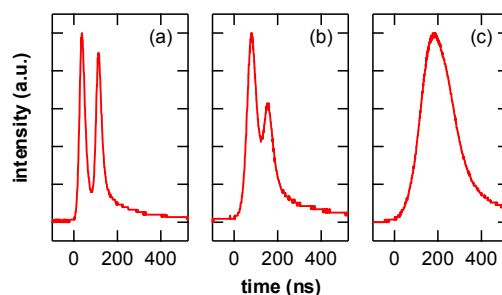
[1] T. Sakka, et al., Appl. Phys. Lett. **88**, 061120 (2006).

Fig.1 Temporal profile of double pulse with the interval of 76 ns. The pulse width is (a) 30 ns, (b) 50 ns and (c) 100 ns.

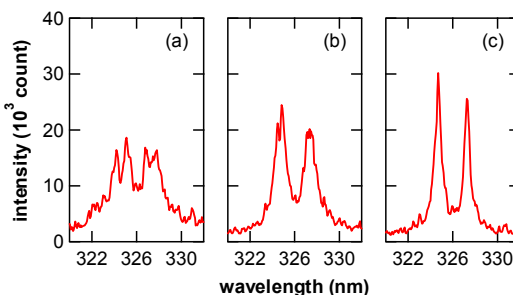


Fig.2 Typical emission spectra of an Al target in water obtained by the irradiation of double pulse as shown in Fig.1.