

光ファイバー先端部に生成する微小高温領域の時間分解計測

Time resolved measurement of high temperature micro region

generating on a tip of optical fiber

東海大学, [○]前田和夫, 宮良政彦, 藤本幸弘, 鄭和翊, 山口滋

Tokai Univ., [○]Kazuo Maeda, Masahiko Miyara, Takahiro Fujimoto,

Kazuyoku Tei, Shigeru Yamaguchi

E-mail: 4bsnm011@mail.tokai-u.jp

1.はじめに

光ファイバーの先端部に不純物を混入し散乱吸収による光損失を増加させると微小な高温領域を短時間に生成できる。熱源の大きさはファイバー径により $6\ \mu\text{m}\sim 500\ \mu\text{m}$ で調整できる。直接接点をさせる加工は、レーザー加工としての優位点が損なわれる面もある。しかし、高温部を生成して加工をするため、材料の光吸収に依存せず、種々の材料加工に応用できる可能性がある。筆者らは、半導体レーザーを光源に用い、 TiO_2 を溶着したマルチモードファイバー先端部に微小高温領域を生成する手法を提案した。本研究では、レーザー出力および照射時間と微小高温領域の非定常温度特性の基礎研究を行ったので報告する。

2.実験方法

実験装置の構成を Fig.1 に示す。半導体レーザー (波長 $980\ \text{nm}$ 、最大出力 $8\ \text{W}$) および石英ファイバー (コア径 $400\ \mu\text{m}$ /クラッド径 $500\ \mu\text{m}$ 、 $\text{NA}\ 0.22$) を用いた。 TiO_2 を溶着したファイバー先端部にレーザー光を散乱吸収させることで加熱し、高温領域を生成した。ファイバー先端部が加熱され発光する様子を、Image Intensified Charge Coupled Device (ICCD) 付の分光器で時間分解計測した。レーザー光源と分光器は遅延パルス発生器により同期し、得られたスペクトルから 2 色温度法により温度を解析した。また、同時に Ge フィルターおよび InAs 光検出器を用いて測定した赤外光時間推移を温度換算した。ファイバー先端部の温度を、2 色温度法と赤外光時間推移により、レーザー照射時間全体にわたり解析した。

3.実験結果

Fig.2 にレーザー出力 $5.3\ \text{W}$ 、レーザー照射時間 $0\sim 200\ \text{ms}$ でのファイバー先端温度の時間推移を示す。Fig.2 より、ファイバー先端温度はレーザー照射時間 $30\ \text{ms}$ で $2000\ \text{K}$ に到達した。照射時間 $200\ \text{ms}$ とした場合のレーザー出力に対するファイバー先端温度変化を Fig.3 に示す。ファイバー先端温度はレーザー出力を上げる

ことで上昇し、最大で $3275\ \text{K}$ に達した。 $3200\ \text{K}$ を上回ると温度上昇が緩やかになった。これは、 TiO_2 の沸点が $3245\ \text{K}$ であるため、 $3200\ \text{K}$ 付近が生成可能な温度の上限だと考察できる。 $2\ \text{W}$ 以下のレーザー出力ではファイバー先端に高温領域を生成することができず、 $5\ \text{W}$ 以上では TiO_2 が気化してしまう。そのため、レーザー照射時間 $200\ \text{ms}$ では $2\ \text{W}$ から $5\ \text{W}$ のレーザー出力が適切である。Fig.2 および Fig.3 から、ファイバー先端温度はレーザー照射時間およびレーザー出力で制御できる。本発表では、ファイバー径を小さくした際のレーザー照射時間およびレーザー出力とファイバー先端温度の関係についても報告する予定である。

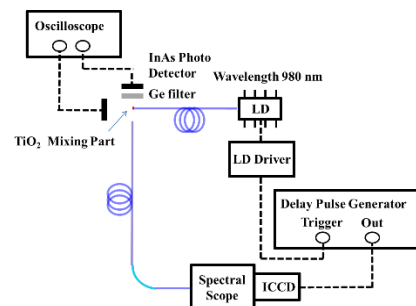


Figure 1. Experimental setup

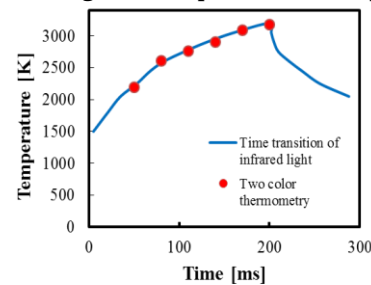


Figure 2. Temporal behavior of the Ti-coated fiber tip

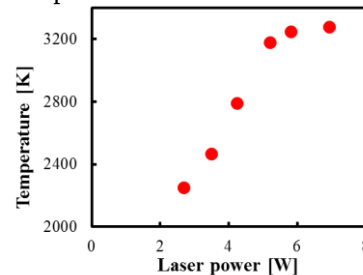


Figure 3. Laser power versus fiber tip temperature