

レーザーにより生成したダイヤモンド内部変質

千葉大学工学部機械工学コース加工物理学研究室 ○坂本康輔 ◎比田井洋史 松坂壮太

要旨

超短パルスレーザーの焦点をダイヤモンド内部で走査することにより黒色の変質線が形成される。この内部変質線は、レーザーを光軸と垂直方向に走査した場合もレーザー光軸方向に変質が進展するため、形状制御が困難という問題点がある。本稿では、加工条件と内部変質線形状の関係を明らかにした。レーザー走査速度を速くするほど光軸方向の内部変質進展が抑制され、線状の内部変質となった。また、出力を変化した場合、形状に変化は見られなかった。

1. 緒言

ダイヤモンドは高い熱伝導率や絶縁耐圧などの優れた物性を有し、高効率な半導体材料として期待されている。半導体材料に利用するためにはウエハ状にスライスしなければならないが、従来の加工法では材料損失や加工時間に問題がある。超短パルスレーザーの焦点をダイヤモンド内部に照射することで、焦点付近でa-Cを主成分とする内部変質の形成が報告されている^[1]。そこで、本研究はレーザー焦点を走査し、薄い面状の内部変質を形成し、この変質によりダイヤモンドを分離することを目的とした。

面状の内部変質を形成する上で線状の内部変質（内部変質線）の形成が必要である。しかし、実際に加工を行うと走査方向のみならずレーザー光軸方向に内部変質が成長するという問題がある。本稿では、内部変質線を形成するために加工条件と内部変質形状の関係を調査した。

2. 方法

試料はHPHT単結晶ダイヤモンド(SUMICRYSTAL: PD1140K)1.1×1.1×5 mm³を用いた。Fig. 1に実験装置を示す。波長1064 nm、パルス幅11.3 psのピコ秒レーザーを開口数0.4の対物レンズで集光する。ガルバノミラの回転によりレーザー焦点を走査し、内部変質線を形成した。

3. 結果

3.1 走査速度と内部変質線

パルスエネルギーは1.2 μJ一定とした。Fig. 2に内部変質の光学顕微鏡図を示す。(a)、(b)はそれぞれ走査速度650 μm/s、3500 μm/sである。光軸方向へ成長した内部変質（光軸方向変質部）と走査方向へ斜め上に傾いた内部変質（走査方向変質部）が見られた。内部変質を光軸方向変質部と走査方向変質部の集合と考え、1つの集合をセグメントと称する。L_aを光軸方向変質部の長さ、L_bを走査方向変質部の長さとする。

Fig. 3に走査速度におけるL_aとL_bの長さを表すグラフを示す。走査速度が速くなるほど光軸方向L_aが短くなり、L_bが長くなっている。したがって、より速い速度で加工を行うことで、光軸方向変質部が短く、走査方向変質部が長くなり、線状の加工に近づくと考えられる。

3.2 パルスエネルギーと内部変質線

走査速度はV=14000 μm/sで一定とした。Fig. 4に各パルスエネルギーにおけるL_aとL_bの長さを表すグラフを示す。L_a、L_bどちらも大きな変化はなかった。これらのことから内部変質線の形状はパルスエネルギーによる影響が少ないと考えられる。セグメントの形状は内部変質が光軸方向へ成長する速度と走査方向へ成長する速度の兼ね合いからFig. 3のように各条件によってL_aとL_bに変化が起きたと考えられる。一方、パルスエネルギーの変化は各方向への成長速度に影響を与えないと考えられる。したがって、形状には変化が見られなかったと考えられる。

4. 結言

本稿では以下の結論を得た。

- (1) 走査速度の上昇に伴い、走査方向変質部が増加する。
- (2) パルスエネルギーは形状に大きな影響を与えない。

参考文献

- [1] T. V. Kononenko, M. Meierm, M. S. Komlenok, S. M. Pimenov, V. Romano, V. P. Pashinin, V. I. Konov: Microstructuring of diamond bulk by IR femtosecond laser pulses, Appl. Phys. A, 90 (2008) 645-651.

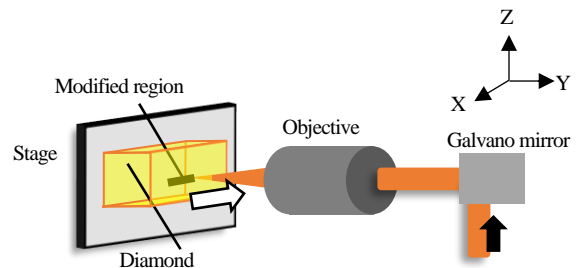


Fig. 1 Experimental devices

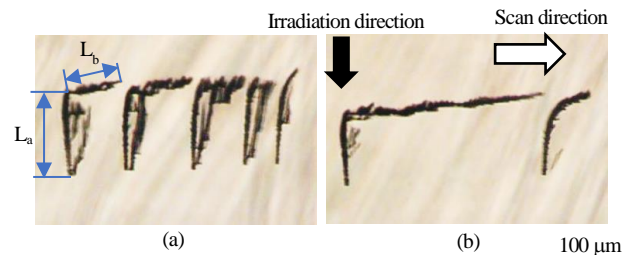


Fig. 2 Modified region (a)V=650 μm/s (b)V=3500 μm/s

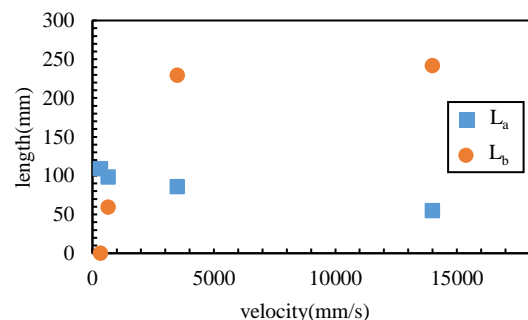


Fig. 3 The relationship between the velocity and the length of L_a and L_b

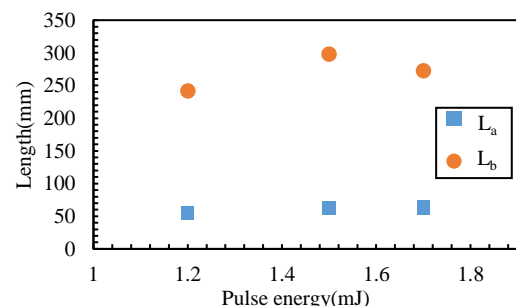


Fig. 4 The relationship between pulse energy and the length of L_a and L_b