

フェムト秒レーザー多点同時照射による LiF 単結晶内部の構造変化の制御

Control of the fs laser induced modification inside LiF(100) crystal

by simultaneous multi-spots' fs laser irradiation

京大院工¹, 京大産連本部² ○石黒佑季¹, 坂倉政明², 下間靖彦¹, 三浦清貴¹

Kyoto Univ.¹, Kyoto Univ.Saci² ○Yuki Ishiguro¹, Masaaki Sakakura²,

Yasuhiko Shimotsuma¹, Kiyotaka Miura¹

E-mail: y.ishiguro@func.mc.kyoto-u.ac.jp

【緒言】 フェムト秒 (fs) レーザー照射による固体内部の構造変化は、光励起による状態変化だけでなく、急激な温度上昇によって発生する応力波や熱応力によっても誘起される。特に単結晶では、規則的な原子配列により弾性テンソルが異方性を有するために、光励起直後に異方性のある応力分布が形成し、その結果、特定の方向にクラックや滑り変形などの構造変化が生じる。[1]本研究では、多点同時照射によるレーザー誘起応力波の干渉を用いたクラックや滑り変形方向制御の可能性を見出すために、LiF単結晶内部の複数の点に fs レーザーパルスと同時に集光照射して生じる構造変化を調査した。

【実験】 波長 800 nm、パルス幅 100 fs の fs レーザーパルスを液晶空間光変調素子 (LCOS-SLM)によって空間位相変調した後、50 倍 (NA = 0.80) の対物レンズを通して LiF 単結晶内部に(001)面に垂直な方向から集光照射し、焦点で形成された複数の集光スポットにより同時に光励起を引き起こした(図 1(a))。本研究で用いた集光点分布は図 1(b)に示すようなジグザグ状で、隣り合う 2 点間距離 (r) を一定にし、その方向 (θ) を一定の間隔で変化させた。その後、各々の集光点分布によって生じた構造変化の違いについて、クラックの長さに注目し分析した。

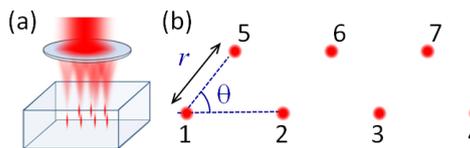


図 1: (a) LiF 単結晶内部への多点同時フェムト秒レーザー照射 (b) 本実験での集光点分布 (赤点)

【結果と考察】 LiF(001)単結晶内部の 1 点のみに fs レーザーパルスを集光照射すると、集光点から $\langle 100 \rangle$ 方向に 4 つのクラックが生じる (図 2(a))。一方、ジグザグ状の集光点分布で 7 点同

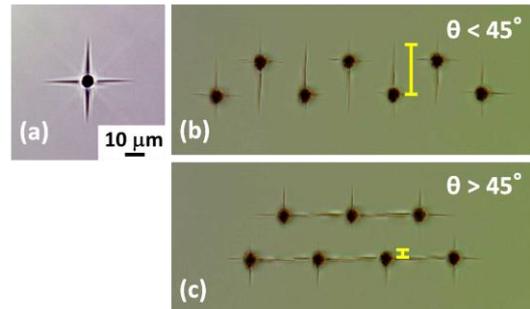


図 2: 集光点分布によるクラックの違い (a) 1 点照射 (b) 7 点 $\theta < 45^\circ$ (c) 7 点 $\theta > 45^\circ$

時照射をすると、特定の方向のクラックの長さが 1 点のみを光励起した際と比べて、 $\theta < 45^\circ$ では長く (図 2(b))、 $\theta > 45^\circ$ では短くなる (図 2(c)) ことが分かった。

1 点のみを光励起すると、LiF(001)では図 3(a)の青線の形状の応力波が生じる。黄色の矢印はクラックの発生と伝播を誘起する引張応力を示している。多点同時照射によるクラックの長さが方向によって依存した結果は、それぞれの照射点から生じる応力波の干渉により、クラックを伸長する過渡応力分布が変調したことを示唆している。例えば $\theta > 45^\circ$ では、クラックを生じる原因である $\langle 100 \rangle$ 方向の引張応力が両隣の照射スポットから発生する応力波によって抑制されるためにクラックの伝播が止まると推測される。弾性力学に基づくレーザー照射直後の密度分布からも、応力波の干渉によりクラックの先端が圧縮されていることが示されており (図 3(b)の破線内)、応力波干渉により、クラック伝播を抑制できると考えられる。

[1]Sakakura.M et al., *Opt. Express* **19**,18(2011).

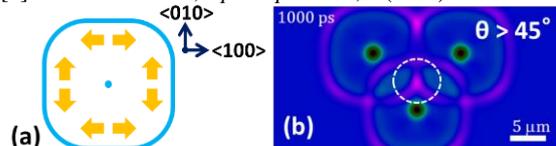


図 3: (a) LiF 単結晶内部のパルスレーザー誘起応力波 (青線) と引張応力 (黄矢印) のデフォルメ図 (b) 照射後 1000 ps での密度分布