

CO<sub>2</sub> レーザを用いた液晶表示用ガラスおよびサファイアの熱応力割断

金沢大学大学院 藤江典久, 上田隆司, 細川晃, 広島大学 山田啓司, 澁谷工業(株) 三野大樹

Thermal Stress Cleaving of Glass and Sapphire by CO<sub>2</sub> Laser  
 Kanazawa University Norihisa Fujie, Takasi Ueda, Akira Hosokawa,  
 Hirosima University Keiji Yamada, Shibuya Kogyo, Ltd Daiki Mino

Thermal stress cleaving is a prospective technique for separating a wafer or thin plate from brittle materials such as glasses and ceramics. In this paper, the cleaving mechanism of a glass and a sapphire irradiated with CO<sub>2</sub> laser is investigated. A high frequency pulsed laser is used for the purpose of investigating the mechanism of crack propagation more precisely. The AE signal is measured to examine the characteristics of crack propagation. Thermal damage to the surface of the glass causes the deterioration of cleaving accuracy. Consequently, it is important to minimize the thermal damage by controlling the process parameters.

1. 緒言

近年, セラミックスや, ガラス等の脆性材料の切断法として, 従来のダイヤモンドブレードダイシングに比べて切り代が小さく, 清浄な加工が可能なレーザ熱応力割断が注目を集めている。しかしながら, レーザ照射に伴う温度上昇によって加工物に副き裂などの熱損傷が起こることが問題となっている。

そこで本研究では, パルスCO<sub>2</sub> レーザを用いて液晶表示用ガラスおよびサファイアの直線割断実験を行い, レーザパワー, デフォーカス, 送り速度などの加工条件による加工品質へ及ぼす影響を検討した。

2. 熱応力割断の原理

レーザを加工物に照射すると, 照射部は急激に温度が上昇し, 熱膨張する。これにより, レーザ照射部には圧縮応力場が, その周辺部分にはこれと釣合うように引張応力場が発生する。この引張応力場にき裂の先端がある場合, 応力は円周方向に働くため, き裂先端は照射部中心に向かい進展する。そこで, 加工物に一定の送りを与えることによりレーザ照射部を移動させ, き裂の進展を追従させることで加工物を分断する。

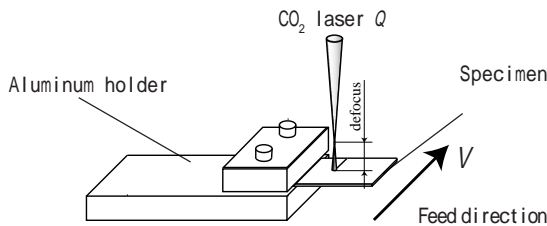


Fig.1 Experimental set up

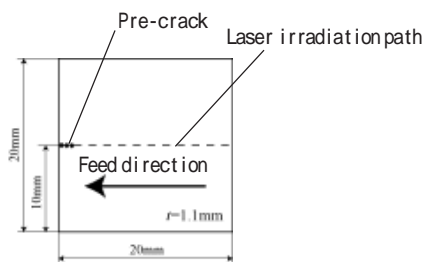


Fig.2 Size of specimen

3. 液晶表示用ガラスの割断実験

3.1 実験方法 図1に実験装置の概略図を示す。加工物は液晶表示用ガラスを用い, 片もちの加工物保持台上に固定している。一定の送り速度Vでステージを移動させ, CO<sub>2</sub> レーザ光を加工物上に走査し割断を行う。図2に試料寸法を示す。液晶ガラスには図に示す位置にピッカース圧子を用いての初期き裂を導入している。

3.2 df量による割断への影響 表1のAに実験条件を示す。送り速度をV=5mm/sで固定し, 各デフォーカスにおいてレーザパワーを変化させて割断実験を行った。図3にレーザパワーQ=15W, df=+15mmおよびdf=+30mmで割断した時の照射面と割断面写真を示す。df=+15mmでは照射面に副き裂が発生し, 割断面の照射面側にレーザ照射による熱損傷部分があることがわかる。df=+30mmでは熱損傷の無い良好な加工結果を得ることができる。

次に加工後の割断面の平均粗さR<sub>a</sub>を触針式粗さ計を用いて測定した。図4にdf=+15mmとdf=+30mmの測定結果を示す。図からdf=+15mmではレーザパワーが小さい時は粗さも小さいが, レーザパワーが大きくなると粗さも大きくなっている。それに対してdf=+30mmではレーザパワーを上げても粗さは小さい。

3.3 送り速度による割断可能条件 表1のBに実験条件を示す。dfを+15mmで固定し, 送り速度, レーザパワーを変化させ割断を行った。図5に割断可否結果を示す。図に示されるように送り速度を上げると割断に必要なレーザパワーは大きくなることわかる。

Table.1 Experimental conditions (Glass)

		Experiment A	Experiment B
Specimen :		Crystal liquid glass	
Installation of pre-crack :		Vickers indenter	
Feed rate :	V [mm/s]	5	5,10,15
Size :	[mm]	20×20×1.1	
Laser :		CO <sub>2</sub> laser	
Irradiation mode		Pulse irradiation	
Wavelength :	λ [μm]	10.6	
Pulse frequency	f [Hz]	200	
Defocus :	df [mm]	+8,+12,+15,+30	+15
Average power :	Q [W]	6~30	4~35

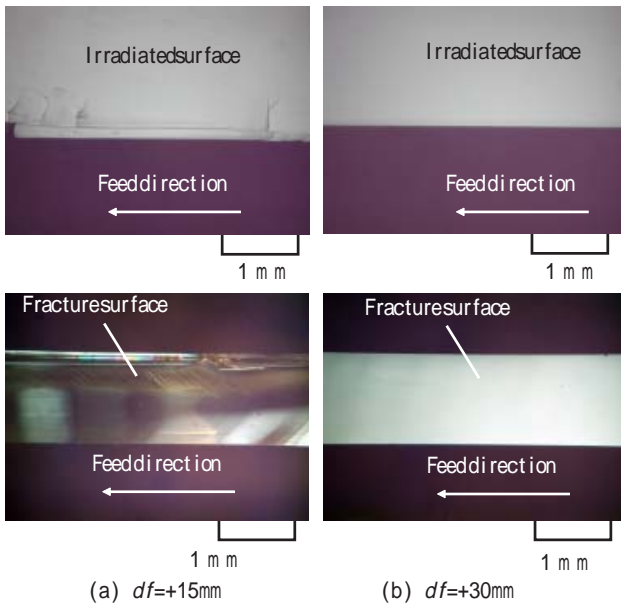


Fig.3 Picture of specimen ( $V=5\text{mm/s}$ ,  $Q=15\text{W}$ )

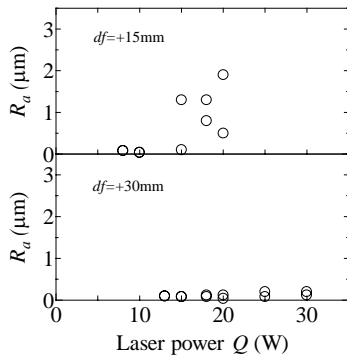


Fig.4 Relationship between Laser power  $Q$  and Fracture roughness

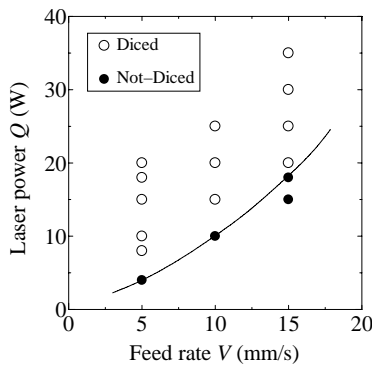


Fig.5 Influence of both feed rate and laser power on cleaving

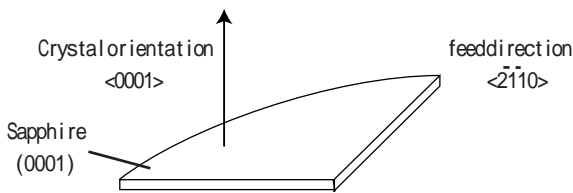


Fig.6 Sapphire specimen

#### 4. サファイアの切断実験

4.1 実験方法 本実験では、実験材料として図6に示す結晶方位 $\langle 0001 \rangle$ のサファイアを用いた。レーザ照射面は(0001)面で加工物送り方向は $\langle 2\bar{1}10 \rangle$ 方向である。表2にサファイアの物性値を示す。試料はアルミ板の上に載置して送り与えてレーザを照射している。初期き裂は9.81Nの荷重で試料始端から200, 100, 100 $\mu\text{m}$ 間隔で3個ビッカース圧子を打ち導入した。表3に実験条件を示す。

4.2 実験結果 図7に試料の切断後の顕微鏡写真を示す。照射面、切断面ともに熱損傷のなく、良好な切断ができています。サファイアにおいてもガラスの時と同様に、デフォーカスを与えることで表面の熱損傷を抑えることができることがわかる。

#### 5. 結言

- (1) デフォーカスによって照射面積当りのエネルギー密度を変化させることで、ガラス・サファイア共に副き裂などの熱損傷の無い切断ができる。
- (2) 送り速度を上げると必要なレーザパワーは上がる。

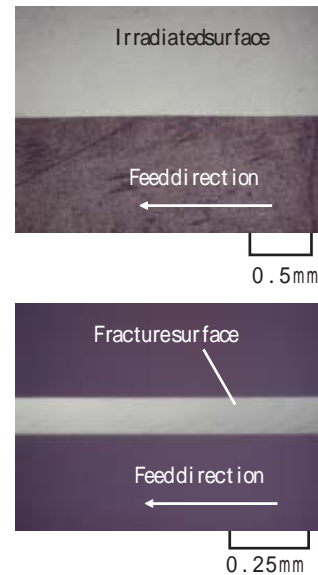


Fig.7 Picture of specimen ( $V=15\text{mm/s}$ ,  $Q=3\text{W}$ ,  $df=+5\text{mm}$ )

Table.2 Material properties of sapphire

Thickness of specimen	$t$ ( $\mu\text{m}$ )	120
Young module	(Gpa)	$4.7 \times 10^4$
Thermal expansion	(1/K)	$5.3 \times 10^{-6} \text{C} //$
		$4.5 \times 10^{-6} \text{C} \perp$
Thermal conductivity	(W/m $\cdot$ K)	41.9
Specific heat	(J/kg $\cdot$ K)	760
Vickers hardness	(Mpa)	19292
Fracture toughness	$K_c$ (Mpa $\cdot$ m $^{1/2}$ )	1.36

Table.3 Experimental conditions (Sapphire)

Laser	CO <sub>2</sub> laser
Irradiation mode	Pulse
Pulse frequency	$f$ (Hz)
Defocus	$df$ (mm)
Laser average power	$Q$ (W)
Feed rate	$V$ (mm/s)