

钽玻璃脉冲激光击穿陶瓷片时 产生的电信号

曾传相 周业为 杨守智 谢 健
(四川大学物理系)

提 要

聚焦普通脉冲钽玻璃激光于未电极化的锆钛酸系(PZT)陶瓷薄片上,在激光击穿样品之前,样品两表面银电极间无电信号出现。然而,一旦样品被光击穿,电极间就会出现脉冲电信号。在电极接线保持不变的情况下,光从前后两表面入射而击穿样品时,所产生的电信号极性正相反。在穿孔较小时所产生的电信号极性是逆光方向,但在穿孔大到适当值时信号极性变为顺光方向。

一、引 言

在文献[1]中,我们已报导了红宝石脉冲激光击穿锆钛酸系(PZT)压电陶瓷薄片所产生的电信号跃变现象。为了进一步研究其机构,我们研究了用钽玻璃脉冲激光对同样成份的未电极化的锆钛酸系(PZT)陶瓷片(无压电效应)的作用,观察到脉冲激光击穿这种样品时所产生的电信号。

二、实验结果

本工作中所用实验装置与文献[1]类近,不同之处一是所用的作用光不是红宝石脉冲激光,而是能量可达10J、脉宽~0.8ms的普通脉冲钽玻璃激光;另一是用相同成份但未电极化的钽钛酸锆(PZT)陶瓷薄片作实验样品,因而不涉及电压效应。在实验中,样品的电极间也未加偏置电压。

实验时用焦距 $f=70\text{mm}$ 的透镜将能量约2J的脉冲激光聚焦作用于样品,观察到与文献[1]中不同的现象。

(1) 激光尚未击穿样品时,样品的两个表面电极间无任何电信号出现,如图1(a)所示(图中上排为光从前表面入射;下排为光从后表面入射)。但是,通过增大激光脉冲能量或激光脉冲多次作用于样品而将其击穿时,就会在示波器上观察到电信号(如图1(b)~(d)所示)。激光无论作用在前表面还是后表面上,情况均如此。

(2) 样品刚被击穿时所产生的电信号幅度~0.5V,上升时间~1ms,尾部持续时间较长。此后,脉冲激光多次重复作用于样品,每次作用所观察到的电信号有所降低,上升时间加快。然后,当样品上的孔径加大到1mm左右时,所产生电信号的极性反向,并呈现出类

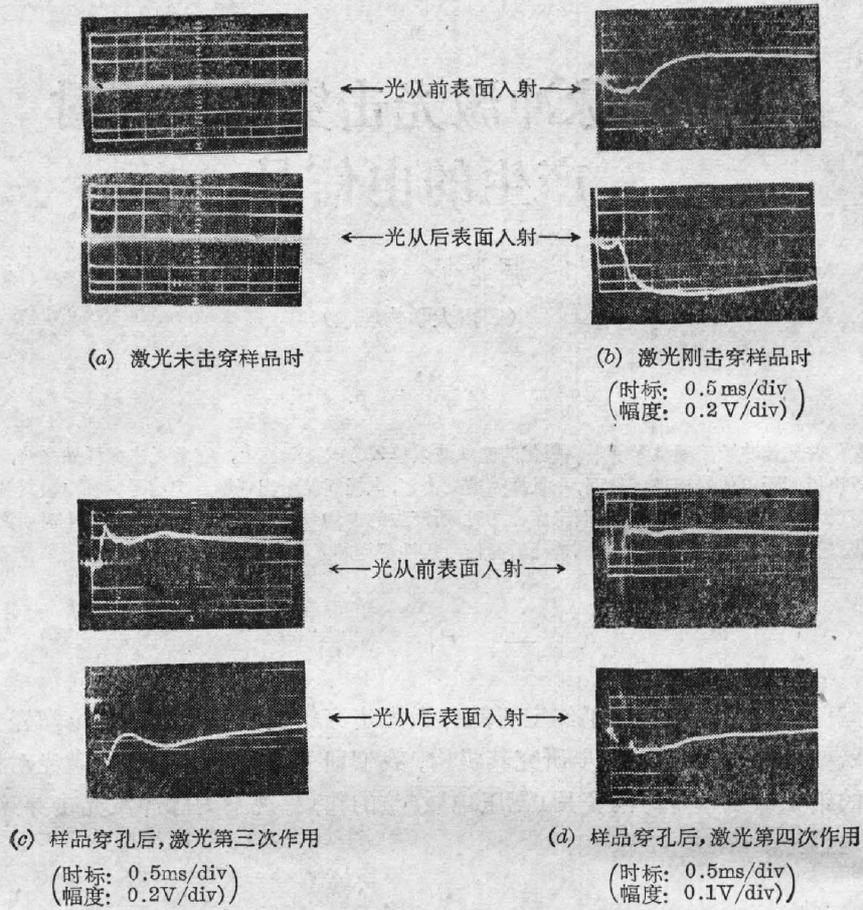


图 1 普通脉冲钕玻璃激光作用下, 未极化的锆钛酸系(PZT)陶瓷薄片两表面电极间产生的电信号

Fig. 1 Under the action of a normal pulse Nd:glass laser beam, the electric signals are produced between the two surface-electrodes of an unpolarized PZT ceramic thin plate

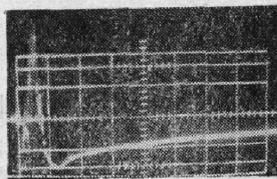
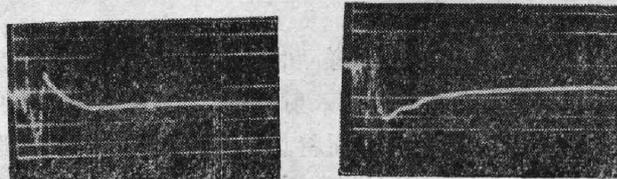


图 2 样品穿孔变大后, 电信号极性反向时所呈现的尖峰结构(时标 0.5 ms/div)
Fig.2 When the hole on the sample became big enough, an electric signal with spikes would occur



(a) (b)

图 3 样品上穿孔变大时, 所产生电信号极性变号的过渡情况
Fig. 3 When the hole on the sample became big enough, the transition cases of changing signal polarity occurred

似于激光脉冲的尖峰结构(如图 2 所示), 信号宽度小于激光脉宽, 不再具有较长的尾部持续。

(3) 在电极接线保持不变的情况下, 激光从前表面或后表面入射而击穿样品时, 所产生的电信号的极性正相反。样品上穿孔较小时, 信号极性是逆光方向, 而孔径大到适当时候信号极性变为顺光方向。在适当情况下会出现过渡情况(如图 3 所示), 图 3(a)为光从前表面入射, 而图 3(b)为光从后表面入射。信号脉冲的前部极性是逆光方向, 而其尾部则是顺光方向。

三、讨 论

对于前述实验现象, 可定性分析如下:

首先, 由于样品本身未经电极化处理, 故不具有压电效应。事实上, 激光未击穿样品时无电信号出现。在文献[1]中所用的同样成分的电极化样品, 则无论激光击穿它与否, 其电极间均会观察到电信号。因此, 本文中所报导的现象, 与样品的压电效应无关, 它的起因只在于激光对样品的辐照和破坏。

文献[1]中提出的解释激光击穿压电陶瓷样品时电信号突变现象的基本观点, 也可适用于解释本工作中所观察到的现象。脉冲激光破坏样品时所排出的物质流由蒸发物及抛射物两部分组成。由于热发射作用电子比离子较易蒸发, 加之其质量远小于正离子及所排出的其它熔液微粒, 造成所排出的物质流中电子比带正电荷的粒子飞离样品表面较远。正是这种正负电荷的空间分离而产生了电位差, 并且其极性与物质的蒸发及抛射方向相同。在文献[2]中曾报导过, 每个激光尖峰脉冲都会引起材料的蒸发和抛射, 但蒸发物的速率比所抛射微粒的速率大得多, 这可能正是上述的造成空间电位差的原因。

当样品上的穿孔较小时, 熔化物质主要向逆光方向蒸发和抛射, 因此相应地观察到极性与逆光方向的电信号相同; 当孔径加大时, 由于蒸发及抛射物质减少而导致信号变弱。当孔径大到适当值时, 激光束的一部分只能作用于孔边缘, 而且蒸发和抛射变为顺光方向, 因而所观察到的电信号极性也反向。显然, 在适当条件下可能出现介于前二者之间的过渡情况。

在穿孔较小时, 由于受激光作用而产生的热作用持续时间较长, 蒸发和抛射的电荷较多, 导致向电极电容充电所形成的信号尾部高而长; 反之, 在穿孔较大时, 热作用时间短, 电荷少, 而充电作用弱, 这不仅造成电信号尾部低而短, 而且由激光尖峰脉冲所造成的电信号波动(尖峰), 在此时较易显现出来。

四、结 束 语

本工作中所观察到的实验现象, 只同脉冲激光破坏样品的情况密切相关。从脉冲激光破坏材料时所排出物质流中正负电荷的空间分离着眼, 原则上可解释所观察到的实验现象。本工作中所观察到的电信号, 正是文献[1]中所报导的产生电信号突变的起因。

参 考 文 献

- [1] 曾传相等;《光学学报》1982, 2, No. 5(Sep), 463.
[2] Л. И. Миркин; «Физические Основы Обработки Материалов Лучами Лазера» (Издательство Московского Университета, 1975), 106.

**Electrical signal produced by Nd-glass laser radiation
breakdown of a ceramic thin plate**

ZHENG CHUANXIANG ZHOU YEWEL YANG SHOUZHI AND XIE JIAN
(Department of Physics, Sichuan University)

(Received 4 November 1982, revised 3 January 1983)

Abstract

Focusing a normal pulsed Nd-glass laser radiation on an unpolarized PZT ceramic thin plate, there was no electrical signal was observed between the two surface silver electrodes of the sample before the laser radiation breakdown through the sample. However, as soon as the breakdown of the sample happened, a pulsed electrical signal occurred between the two surface-electrodes. The connections of the two electrodes remained unchanged in cases of the laser radiation irradiated the sample from either its front or back surface, the polarities of the produced electrical signals would be opposite to each other. When a hole penetrated on the sample was very small, the polarity of the signal was opposite to incident direction of the radiation. However, when the hole became big enough, the polarity of the signal would turn to incident direction of the radiation.