単結晶 MnZn フェライトのレーザ加工 -加工雰囲気の影響-

Laser Processing of Single Crystal MnZn Ferrite
-Effect of processing atmosphere on processing capability-

○学 長三男 (千葉工業大学) 正 宮崎俊行 (千葉工業大学)
片岡義博 (職業能力開発総合大学校) 吉岡俊朗 (千葉工業大学)
正 三須直志 (千葉工業大学)

Mitsuo CHO, Chiba Institute of Technology,
2-17-1, Tsudanuma, Narashino, Chiba
Toshiyuki MIYAZAKI/Chiba Institute of Technology
Yoshihiro KATAOKA/ Polytechnic University
Shunro YOSHIOKA/ Chiba Institute of Technology
Tadashi MISU/ Chiba Institute of Technology

Key Words: MnZn ferrite, Pulsed laser, Single crystal

1. はじめに

単結晶 MnZn フェライトは、磁気素子として広く用いられている。通常、成形加工には砥粒加工を用いる。砥粒加工は治具によって加工物の寸法が左右される。また加工の自由度も制限される。そのため小型化の進む電子機器の部品の微細な加工は難しい。

本研究ではレーザ加工の微細加工への適用を検討した。MnZn フェライトは脆性材料であるため熱応力により割れ易い。そのため熱拡散の少ない短パルスレーザを用いた。また、加工雰囲気を酸とアルカリの2種のエッチング溶液を用いレーザ援用エッチング加工も検討した。

2. 実験

試料は、単結晶 MnZn フェライト(MnO:30 mol%, ZnO:10 mol%, Fe₂O₃:60 mol%)を(110)面に平行に切り出して成形した。試料は表面を平坦とするために、りん酸でエッチングした。加工は(110)面に行った。

レーザはパルス Nd: YAG レーザ(4倍高調波、波長 266nm), パルス幅 6ns, エネルギー2.3mJ/パルスである。Fig.1 に実験を用い、微細寸法のレーザビームを用いた。

実験はレーザの照射回数と加工雰囲気を大気中、H₂O, KOH 溶液、H₃PO₄ 溶液と変化させて行った。KOH 溶液、H₃PO₄ 溶液はそれぞれ 1.5mol/l, 3 mol/l, 6 mol/l, について検討した。溶液面から試料表面までの距離は 1mm とした。レーザのパルス繰り返し周波数は 2 Hz, パワー密度は $1 \times 10^8 \text{ W/cm}^2$ とした。

Fig.1 Experimental equipment

3. 実験結果

3.1 加工雰囲気の比較

SEM を用いて加工部を観察をした。Fig.2 に各種条件による SEM 画像を示す。大気中では加工穴の周囲にダメージが見られるが溶液中では見られない。これはビーム外縁のパワーの弱いところが溶液に吸収されたためと思われる。Fig.3 に照射回数と加工深さを示す。大気, KOH(1.5mol/l), H₃PO₄(1.5mol/l), 水中の順で浅くなっていく。Fig.2 に示す条件では照射回数を増やしてもクラックは生じない。

Fig.2 Laser processed area

(Power density $1 \times 10^8 \text{ W/cm}^2$, Beam diameter 25μm, 100pulses)

Fig.3 Pulse number and processed depth

(Power density $1 \times 10^8 \text{ W/cm}^2$, Beam diameter 25μm)

3. 2 溶液濃度と加工特性

溶液の濃度を 3mol/l, 6mol/l として加工穴を観察した。Fig.4 に各溶液の濃度と加工深さの関係を示す。濃度 0mol/l は水中加工である。照射回数が増えると加工は深くなる。加工雰囲気は KOH の場合、濃度が上がると浅くなる。加工雰囲気が H_3PO_4 では 3 mol/l が他に比べて深くなった。2つの溶液を通して、最も深く加工できたのは KOH : 6 mol/l であった。

Fig.4 Concentration and processed depth

(Power density $1 \times 10^8 W/cm^2$, Beam diameter $25 \mu m$)

加工部を SEM により観察すると、Fig.5(a), (b)に示すように、加工雰囲気が KOH では濃度によって違いはない。 H_3PO_4 :6mol/l 以外は Fig. 5 (a), (b), (c)の様にかさぶた状のパターンが見える。Fig. 5(d) H_3PO_4 : 6 mol/l ではエッチングの様な滑らかな加工痕が見られた。加工穴輪郭にはクラックの発生がある。照射回数が増えても同様である。

Fig.5 Laser processed area

(Power density $1 \times 10^8 W/cm^2$,

Beam diameter $25 \mu m$, 20pulses)

加工幅を Fig.6 に示す。濃度 0mol/l は水中加工である。加工雰囲気が KOH では、濃度が上がると加工幅が広がり、逆に H_3PO_4 では濃度が下がると加工幅が狭くなった。照射回数が増えても2つの溶液の加工幅に変化が見られない。

濃度によって加工幅が変わった原因は濃度によって屈折率が変化したためと考えられる。

Fig.6 Concentration and processed width

(Power density $1 \times 10^8 W/cm^2$, beam diameter $25 \mu m$)

4. まとめ

単結晶 MnZn フェライトを波長 266nm, パルス幅 6ns, パルス繰り返し周波数 2Hz, ビーム直径 $25 \mu m$, パワー密度 $1 \times 10^8 W/cm^2$ のレーザービームで加工した。加工雰囲気を水、KOH 溶液、 H_3PO_4 溶液とすると、加工部の深さ、幅が変化がした。

また、 H_3PO_4 :6mol/l の溶液を用いた加工では、表面形状滑らかになることが分かった。

参考文献

- 1) 宮崎俊行他；精密工学会，春季大会講演論文集(2001)，117.
- 2) 長 三男他；精密工学会，春季大会講演論文集(2002)，380.
- 3) 長 三男他；日本機械学会，東北支部講演会講演予稿集(2002)，192.