感温磁性体による光熱変換方式 2 次元アクチュエータ

正 員 水谷 康弘* 正 員 大谷 幸利**
非会員 梅田 倫弘**

Two-Dimensional Actuator Using Temperature Sensitive Ferrite by Photo-Thermal Effect

Yasuhiro Mizutani*, Member, Yukitoshi Otani**, Member, Norihiro Umeda**, Non-member

Two-dimensional actuator has a feature of a non-contact for applying light energy remotely. It consists of a magnet as a movement, an acrylic plate and the temperature sensitive ferrite mounted in two-dimensional array on the plate. A curie temperature of the ferrite is set about room temperature. For moving the magnet, two ferrites in the opposite direction are irradiated by the laser. A magnetic force decreases by photo-thermal effect. As a result, the movement is controlled in the two-dimensional area.

キーワード：感温磁性体，光熱変換方式，2 次元アクチュエータ

Keywords : temperature sensitive ferrite, photo-thermal effect, two-dimensional actuator

1. はじめに

近年，ナノ・マイクロマシンをはじめとする微細構造の駆動マシンの研究が盛んに試みられている。アクチュエータの小型化に伴って電氣的配線による駆動エネルギー供給が困難になってくるとい問題がある。そこで，本研究は，これらの問題を解決するために，光によるエネルギーの供給を駆動源とする。ここでは，感温磁性体の磁気吸引力に着目し⁽¹⁾，エネルギー供給が非接触である光熱変換方式 2 次元アクチュエータを試作する。

2. 2 次元アクチュエータの駆動原理

図 1 に 2 次元アクチュエータの駆動原理を示す。リニアアクチュエータは図 1(a)のように，移動体である永久磁石，アクリルおよび感温磁性体で構成されている。感温磁性体はキュリー温度が常温であり，室温で強磁性を示すがある一定温度(ここでは 45℃)で磁化率が低下し常磁性を示す物質である。はじめに，図 1(a)のように，移動させる方向に対して反対側の感温磁性体 2 個にレーザを照射し光熱変換により温度上昇させることで磁化率を低下させる。図 1 (b)のように磁気吸引力のバランスが崩れることで移動体であ

図 1 感温磁性体を用いたアクチュエータの駆動原理

Fig. 1. Principle of photo-thermal actuator using temperature sensitive ferrite.

図 2 感温磁性体を用いた 2 次元アクチュエータ

Fig. 2. Two-dimensional actuator using temperature sensitive ferrite.

る永久磁石が移動し 1 サイクルの移動が完了する。これを繰り返して，図 1 (c)のようにレーザの照射位置を変えることで移動体を所望の位置に移動させることができる。

3. リニアアクチュエータの試作および駆動結果

図 2 に試作した 2 次元アクチュエータを示す。駆動体である永久磁石はネオジム磁石（磁力：200mT，大きさ：2.4

* 東京農工大学大学院工学教育部
〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
Graduate School of Engineering, Tokyo University of
Agriculture and Technology,
2-24-16, Nakacho, Koganei, Tokyo 184-8588
** 東京農工大学大学院共生科学技術研究部
〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo
University of Agriculture and Technology,
2-24-16, Nakacho, Koganei, Tokyo 184-8588

図 3 静磁場解析結果

Fig. 3. Magnetic field analysis.

図 4 感温磁性体の厚みに対する磁気吸引力

Fig. 4. Relationship between thickness of temperature sensitive ferrite and attractive force.

図 5 温度に対する保持力の変化

Fig. 5. Relationship between temperature of ferrite and attractive force.

×2.4×1.8mm)を用いた。アクリルの厚みを0.8mmとし、感温磁性体であるMnCuZn系フェライト(キュリー温度:45℃, 大きさ:φ1.5mm)を1.5mm間隔の格子状に配置した。感温磁性体は、粉碎した後にシリコンペーストと混合することで成形を容易にした。また、エネルギーの供給には450mW、波長810nmの半導体レーザーを用いた。

リニアアクチュエータの駆動源である磁気吸引力は、磁性体の厚みに依存する。そこで、静磁場解析および実験から磁気吸引力がもっとも得られる感温磁性体の厚みを求めた。静磁場解析は磁気モーメント法を用いた。図3に静磁場解析結果を示す。図3(a)に磁束密度分布を、(b)に磁力線を示す。図3(b)中の矢印で示した磁性体にレーザーを照射し、

図 6 試作したアクチュエータの時間に対する変位量

Fig. 6. Displacement of photo-thermal two-dimensional actuator using temperature sensitive ferrite.

磁化率を低下させたときの解析結果である。図3より磁束密度の偏りが生じていることがわかる。

図4に感温磁性体の厚みに対する磁気吸引力の変化を示す。実線で示した静磁場解析結果によると、感温磁性体の厚みが0.3mmのところでは最大の吸引力が得られることがわかる。また、感温磁性体の厚みを0.1mm, 0.5mm, 1.0mm, 2.0mmの場合について磁気吸引力を測定した結果、感温磁性体の厚みが0.5mmの時にもっとも大きな吸引力が得られた。

図5に感温磁性体の厚みが0.5mmのときの温度変化に対する吸着力を示す。室温における吸着力は0.035Nであるが、レーザーを照射し温度を上昇させた後に、30℃から吸着力は低下し、55℃以上になると吸着力はほぼ一定の値に収束する。これは、永久磁石とアクリルとの間の摩擦力に相当する。

以上の結果をもとに、感温磁性体を用いたアクチュエータの2次元駆動を行った。図6に本アクチュエータの時間に対する変位量を示す。本結果より線形的な移動をおこなうことができた。また、アクチュエータの速度は、0.3mm/secであった。移動速度は感温磁性体を昇温させる時間に依存するため、感温磁性体の大きさや照射するレーザーのパワーにより制御することが可能である。

4. まとめ

感温磁性体による光熱変換方式2次元アクチュエータを提案した。さらに実験により動作原理を確認した。また、そのときの動作特性は線形となった。本報告より永久磁石と感温磁性体を組み合わせることで、非接触で光エネルギーによる移動体の制御を可能とした。

(平成17年8月1日受付)

文 献

- (1) K. Fukushima, Y. Otani, and T. Yoshizawa: "An Optical Driving of a Moving Machine Consisting of Piezoelectric Elements and Temperature Sensitive Ferrite", *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Vol.64, No.10 p.1512 (1998) (in Japanese) 福島健一・大谷幸利・吉澤 徹:「圧電素子と感温フェライトからなる光駆動走行マシン」, 精密工学誌, **64**, 10, p.1512 (1998)