

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月25日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656466

研究課題名（和文） ダイナミック構造転移型フォトニックデバイス

研究課題名（英文） Photonic Device with Dynamic Structural Transition

研究代表者

津守 不二夫 (TSUMORI FUJIO)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：10343237

研究成果の概要（和文）：

フォトニックデバイスは利用する電磁波の波長サイズの格子をもつ人工の結晶構造である。本研究では結晶構造が「ダイナミックに変化する」フォトニックデバイスを作製する。本申請では塑性加工および粉体プロセスを効果的に用い構造を作製する。提案する構造は変形可能な樹脂シート上に磁性小要素を周期的に配置したものである。外部磁場を印加することで、小要素間に相互作用力が働き、構造は変形し、その周期も変化することとなる。

研究成果の概要（英文）：

Photonic device is an artificial crystal structure which possesses a unit size similar with the wave length of treated electro magnetic wave. In the present research, we developed the crystal structure which can transit dynamically. We tried to employ plastic working and powder processes to fabricate the present structure. The proposed structure was composed of deformable elastic sheet and small magnetic elements, which are arranged periodically on the surface of the sheet. By controlling the applied magnetic field, magnetic interaction between each element can deform the structure, and periodicity of elements also changes during deformation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・材料加工・処理

キーワード：微細加工、ナノインプリントプロセス、磁場駆動アクチュエータ、マイクロアクチュエータ

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は磁場を利用した微粒子の操作およびアクチュエータの開発に関する研究を行ってきた。この成果の一つとして、フォトニックデバイスへの応用が可能な特徴的な微細駆動構造を提案した。この駆動構造は基板上に弾性ピラー構造を規則的に配置したものである。そして、ピラーの頂部には磁場中でのみ磁化される軟磁性体磁性要素

を配置してある。外部磁場により磁性要素間には相互作用力が発生し、ピラーの配列は集団的な変形を生じる。

この駆動構造には以下の大きな特徴がある。すなわち、(a) 周期構造を有している（結晶構造）、(b) 理論的にサイズに依存しない、(c) 全体構造が多段階にスイッチングできる『動的な周期構造変化』である。図1に示されるように、新たなデバイスは非常に単純な構造

である。さらに、小型化しても同じ外部磁場強度で相似的に駆動できることが理論的に保証されている。図では最も単純な例として正方格子状に配列された初期パターンを示している。外部駆動磁場を強めていくと、ある一定の磁場強度で「転移」が一気に進行する。この転移において周期構造がダイナミックに変化しており、この構造が可変フォトニックデバイスへと応用が可能であることを示している。

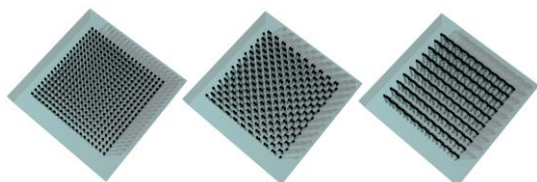


図1 提案する構造の一例

2. 研究の目的

前項にて説明した、可変構造を実際に作製する。その際に、ナノインプリントプロセスの応用を試みる。このプロセスは微細金型を用い、樹脂に加熱・圧印加工を施すプロセスである。磁性ナノ粒子等の粉末材料と樹脂材料を分散させた原料を用いることにより、本研究での微細構造の作製への応用をはかる。

また、アクチュエータの挙動を予測するためのシミュレーション技術の開発も行う。

さらに、より簡単な構造で可変フォトニックデバイスが作製できないか検討し、試作を行う。

3. 研究の方法

まず、鋳型に樹脂を流し込む従来の成形法を用いた構造作製実験を行いつつ、主にインプリントプロセスの粉末分散材料への適用研究を進める。同時に構造挙動の解析システムの作成を行い、これらの知見を相互に活用し研究を進める。

4. 研究成果

成果を以下にまとめる。

- 従来の鋳型成形法によるプロセスを改良し、小型化を進めた。
- 磁性要素を構造中に配置するための新しいインプリントプロセスを、粉末分散樹脂材料に適用したプロセスとして開発した。
- 解析プログラムによる磁場中でのアクチュエータ挙動の予測を行った。
- ピラー状のマイクロ構造は作製が困難である。そこで、アスペクト比の小さい(背の低い)磁性要素をシート上に規則配置した新たな駆動構造を提案・試作した。

特にインプリント成形プロセスはアクチュエータ以外の分野において利用できることを示し、燃料電池高性能化といった新たな研究分野へも、この技術が派生している。

これらの研究成果は次に挙げる論文誌や学会において発表を行い、成果を広く公開した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

[1] Fujio Tsumori, Kenji Hatama, Hyungoo Kang, Toshiko Osada, Hideshi Miura, “Magneto-FEM Analysis for Micro Actuator using Array of Magnetic Elements”, Proceedings of IEEE-NEMS, 2013, 845-848. 査読有。

[2] Yang Xu, Fujio Tsumori, Seiya Hashimoto, Masashi Takahashi, Hyungoo Kang, Toshiko Osada, Hideshi Miura, “Improvement of Solid Oxide Fuel Cell by Imprinted Patterns on Electrolyte”, Proceedings of IEEE-NEMS, 2013, 887-890. 査読有。

[3] F. Tsumori, S. Hashimoto, M. Takahashi, Y. Xu, H. Kang, T. Osada, H. Miura, “Micro Imprinting Process for Surface Patterning of Ceramic Sheet”, Proceedings of the 2012 Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, 2013, P-T6-72. 査読有。

[4] Kenji Hatama, Fujio Tsumori, Yang Xu, Hyungoo Kang, Toshiko Osada, Hideshi Miura, “Magnetic Micro Actuator Using Interactive Force between Magnetic Elements”, Japanese Journal of Applied Physics, 51 (2012) 06F14-1-4. 査読有, doi:10.1143/JJAP.51.06FL14

[5] Yang Xu, Fujio Tsumori, Hyun Goo Kang, Hideshi Miura, “Study on Fabrication of Micrometer Patterned Ceramic Sheet with Micro Powder Imprinting (μ PI) Method”, Advanced Science Letters, 12 (2012) 170-173. 査読有, doi:10.1166/asl.2012.2774

[6] Yang Xu, Fujio Tsumori, Hung-Goo Kang, Hideshi Miura, “Fabrication of Micro Patterned Ceramic Structure by Imprinting Process”, Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, 58-11 (2011), 673-678. 査読有, doi:10.2497/jjspm.58.673.

[7] Yang Xu, Fujio Tsumori, Takuya Toyooka, Hidetoshi Kotera and Hideshi Miura, “Effects of Resist Thickness and Viscoelasticity on the

Cavity Filling Capability in Bilayer Thermal Embossing”, Japan Journal of Applied Physics, 50 (2011) 06GK11, 査読有, doi:10.1143/JJAP.50.06GK11.

〔学会発表〕(計 14 件)

[1] TSUMORI Fujio, HATAMA Kenji, KANG HYUNGOO, Osada Toshiko, Miura Hideshi, “Magneto-FEM analysis for Micro Actuator using Array of Magnetic Elements”, IEEE-NEMS2013, 2013.04.09, 蘇州 (中国) .

[2] XU YANG, TSUMORI Fujio, HASHIMOTO Seiya, TAKAHASHI Masashi, KANG HYUNGOO, Osada Toshiko, Miura Hideshi, “Improvement of Solid Oxide Fuel Cell by Imprinted Patterns on Electrolyte”, IEEE-NEMS2013, 2013.04.08, 蘇州 (中国) .

[3] 橋本聖矢, 津守不二夫, 徐楊, 高橋昌史, 姜賢求, 長田稔子, 三浦秀士, “微細インプリントプロセスを用いた波型形状を有する高性能 SOFC 電解質層の開発”, 機械学会九州支部講演会, 2013.03.13., 福岡.

[4] 高橋昌史, 津守不二夫, 徐楊, 橋本聖矢, 姜賢求, 長田稔子, 三浦秀士, “多段階インプリントプロセスによるセラミックシート表面上への多階層微細パターンニング”, 日本機械学会九州支部講演会, 2013.03.13., 福岡.

[5] 徐楊, 津守不二夫, 姜賢求, 長田稔子, 三浦秀士, “粉末マイクロインプリント (μPI) 法による高アスペクト円錐孔アレイ表面を有するセラミックシートの作製”, 第 63 回塑性加工連合講演会, 2012.11.05, 福岡.

[6] F. Tsumori, S. Hashimoto, M. Takahashi, Y. Xu, H. Kang, T. Osada, H. Miura, “Micro Imprinting Process for Surface Patterning of Ceramic Sheet”, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition PM2012, 2012.10.16., 横浜.

[7] Yang Xu, Fujio Tsumori, Hyungoo Kang, Toshiko Osada, Hideshi Miura, “Improved Process for Fabrication of Solid Oxide Fuel Cell Based on the Micro Powder Imprinting Technology”, International Conference on Materials Processing Technology 2012, 2012.06.28., ハワイ (米国) .

[8] 津守不二夫, 姜賢求, 長田稔子, 三浦秀士, “有限要素磁場解析による磁性要素・エラストマー型微細アクチュエータの挙動解析”, 粉体粉末冶金協会平成 24 年度春季大会, 2012.05.23., 京都.

[9] Yang Xu, Fujio Tsumori, Hyung-goo Kang, Hideshi Miura, “Fabrication of Micro Patterned Ceramic Structure by Imprinting Process (the 2nd Report)—3D Structures on Multilayer Ceramic Sheet”, 粉体粉末冶金協会平成 23 年度秋季大会, 2011.10.26., 大阪.

[10] Y. Xu, F. Tsumori, K. Hatama, H. Kang and H. Miura, “Micro Thermal Imprinting on Powder-polymer Multilayer Substrate”, 24 th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 2011.10.27., 京都.

[11] K. Hatama, F. Tsumori, Y. XU, H. Kang and H. Miura, “Magnetic Micro Actuator using Interactive Force between Magnetic Elements”, 24 th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 2011.10.26., 京都.

[12] 畑間健司, 姜賢求, 津守不二夫, 三浦秀士, “磁性粒子分散エラストマーの磁場中粘弾性評価”, 日本鉄鋼協会, 2011.09.20., 大阪.

[13] Yang Xu, Fujio Tsumori, Takuro Nishida, Hyun-Goo Kang, Hideshi Miura, “Effects of Sintering Parameters on Morphology of the Single/Multi Layer Ceramic Sheet with Micro Pattern for Solid Oxide Fuel Cell”, International Conference on Sintering 2011, 2011.09.01., 濟州等 (韓国) .

[14] H. G. Kang, Y. Xu, F. Tsumori, H. Miura, “Fabrication of Micro Patterned Ceramic Mold by Laser Patterning”, International Conference on Sintering 2011, 2011.08.29., 濟州等 (韓国) .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

津守 不二夫 (TSUMORI FUJIO)
九州大学・工学研究院・准教授
研究者番号: 10343237

(2) 研究分担者

桐原 聡秀 (KIRIHARA SOUSHYU)
大阪大学・接合科学研究所・准教授
研究者番号: 40362587

(3) 研究分担者

三浦 秀士 (MIURA HIDESHI)
九州大学・工学研究院・教授
研究者番号: 30117254

(4) 研究分担者

姜 賢求 (KANG HYUNGOO)
九州大学・工学研究院・助教

研究者番号：30599981

(5)研究協力者

徐 楊 (XU YANG)

九州大学・工学研究院・**学術研究員**

研究者番号：60648559