

## 1. 研究の背景

薄手の磁石を利用したアクチュエータ・マイクロマシンに関する研究報告は、磁石材料の開発のフェーズを「保磁力・ $(BH)_{\max}$ 等の磁気特性のみで評価」から「用途に応じた設計開発」という方向に目を向けさせるものである。そのような磁石材料には、ある程度の体積をもった領域への磁界の発生が求められるため、記録媒体用の磁性膜とは異なり、「ある程度の厚さ」すなわち現状においては、数10~200  $\mu\text{m}$ 程度の厚さを有する磁石膜が開発対象となっている。この設計指針のもと、(1)バルク磁石材料の薄手化ならびに(2)厚膜磁石の特性が盛んに報告されている。ここでは、PLD法(Pulsed Laser Deposition法)を用い保磁力1000 kA/mを超える数十  $\mu\text{m}$ 厚Nd-Fe-B系磁石膜の作製について報告する。

## 2. 研究の概要

Nd<sub>2.4</sub>Fe<sub>14</sub>BもしくはNd<sub>2.6</sub>Fe<sub>14</sub>Bの組成を有するターゲットに100 mJ/cm<sup>2</sup>以上の高エネルギーを有するレーザーを照射し、Nd、Fe、Bを解離放出させ、基板に到達、堆積させることでNd-Fe-B系厚膜磁石を作製した。その様子を模式的にFig. 1に示す。一部の試料を除き、成膜直後の膜はアモルファスであったため、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を形成させるために熱処理を施し、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B結晶相を形成させ、硬磁気特性を発現させた。

## 3. 研究の応用展開

ミリサイズモータへの応用を考慮しFe基板上に作製した200  $\mu\text{m}$ 厚Nd-Fe-B磁石膜を作製したところ、その磁気特性は工業的な着磁性ならびに熱安定性の観点よりモータへの応用として所望される保磁力800 kA/mを満足しており、ミリサイズモータへの応用可能な値であった。そこで、図2、3に示すような厚さ0.8 mm、外径5mmのアキシアルギャップ型DCブラシレスモータを試作した。そのモータのロータ、ステータ、軸受ならびにその動作特性を以下に詳細に示す。

### ①ロータ

ロータはFeバックヨーク付4極NdFeB磁石ロータとした。具体的には、上述したNdFeB磁石膜を外径4.8 mm $\phi$ 、内径2 mm $\phi$ の円板状に成形した後、空芯コイルで4 MA/mの磁界によりパルス着磁し、更に直径0.8 mm $\phi$ のSUS304シャフトを接着固定し作製した。

### ②ステータ

ステータは無鉄心コイル構造とした。コイルは径30  $\mu\text{m}$  $\phi$ のCu線を11 turn/coil  $\times$  3層、全体では厚み0.3 mmで1相あたり6 $\Omega$ 、66 turn/coilにより構成した。更に、厚み0.1 mmの真鍮基板を準備し、その中心部にシャフト挿入孔を設けた後、上記のコイルを接着固定し無鉄心コイル構造のステータとした。

### ③軸受

軸受はピボットスラスト軸受構造とした。シャフト軸受部の先端は径 0.8 mm であり、 $10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> 以上の Ti と C を金属イオン注入し表面改質した。軸受方式は潤滑油を用いたピボットスラスト流体方式とした。

### ④動作特性

DC 電圧を 3 相全波駆動(短形波 120°通電)に変換し、モータを動作させた。ステータとロータの空隙を約 0.1 mm とした際には、無負荷回転数が 15160 r/min、トルク定数が 0.0236 mNm/A であった。更に、空隙を約 0.2 mm とした際には、無負荷回転数は 14407 r/min、トルク定数は 0.0226 mNm/A であった。以上の動作特性は、例えば、1 インチ径のハードディスク用のスピンドルモータへの応用を鑑みると、そのトルク値をより一層増加させる必要があるものの、(1)モータの径の増加、(2)磁石膜の残留磁化値の向上などにより、今後、情報電子機器の小型化へ応用可能と考えられる。

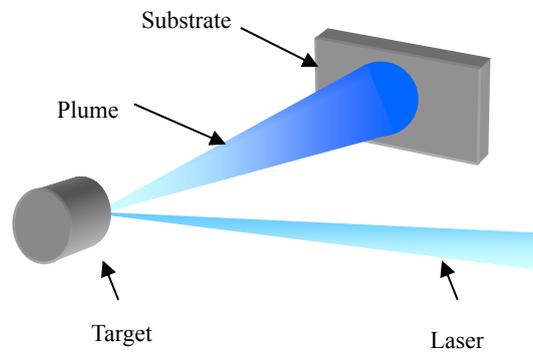


図 1 PLD 法の様子

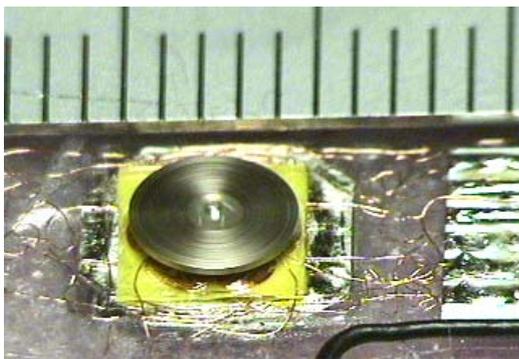


図 2 ミリサイズモータの写真

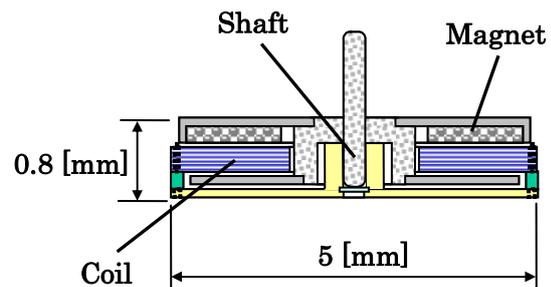


図 3 ミリサイズモータの概略図