

研究背景

永久磁石膜材料の用途



医療分野への応用

- ・ 医療用マイクロマシン
- ・ 歯科用磁性アタッチメント

医療分野で求められること

生体適合性

耐食性



Ptを主成分とする白金系磁石
ex. Fe-Pt, Co-Pt

生体安全性に優れた永久磁石膜材料

磁界供給源として応用

体積 (厚み)



速い成膜速度を有する
薄膜作製技術
PLD法

薄膜作製技術 ～ PLD法 ～

PLD (Pulsed Laser Deposition) 法

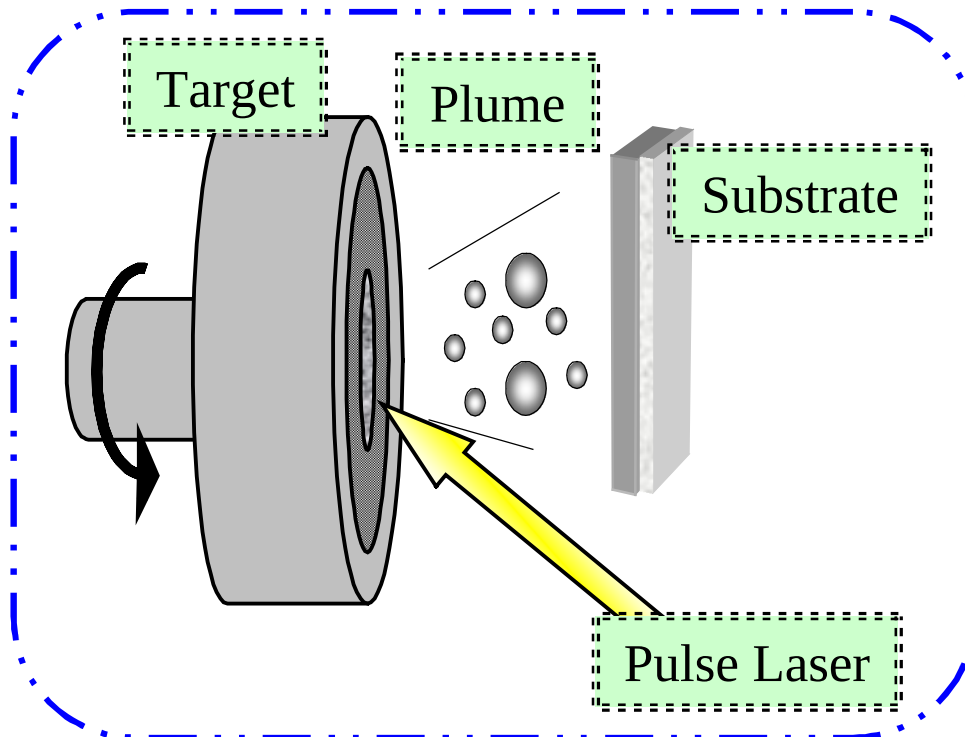


Fig.1 PLD法の概略図

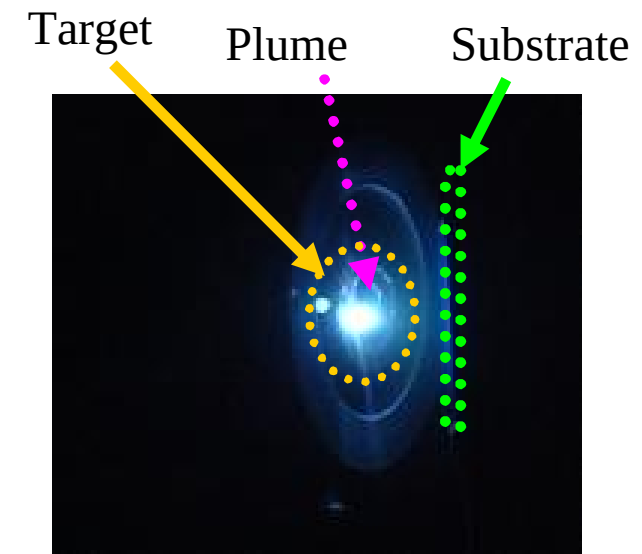


Fig.2 成膜中の様子

～ PLD法 ～

【メリット】

成膜速度: ○ 組成転写: ○

【デメリット】

成膜面積: × 膜厚均一化: ×

既報のFe-Pt磁石膜

Table1 既報のFe-Pt磁石膜の膜厚および磁気特性

著者	薄膜作製法	膜厚	H_c	$(BH)_{\max}$
青山ら(1996)	スパッタリング法	2 μm	580 kA/m	140 kJ/m ³
		129 μm	490 kA/m	104 kJ/m ³
町田ら(2006)		6-7 μm	446 kA/m	124 kJ/m ³
松尾ら(2004)		1.5 μm	500 kA/m	130 kJ/m ³

医療用アプリケーション

医療用マイクロマシン

歯科用磁性アタッチメント

必要

数十 μm ～数百 μm の膜厚

スパッタリング法

25h $\Rightarrow$ 129 μm (5.16 $\mu\text{m/h}$)

実用化には困難 !!

研究目的

Table1 既報のFe-Pt磁石膜の膜厚および磁気特性

著者	薄膜作製法	膜厚	H_c	$(BH)_{max}$
青山ら(1996)	スパッタリング法	2 μm	580 kA/m	140 kJ/m ³
		129 μm	490 kA/m	104 kJ/m ³
町田ら(2006)		6-7 μm	446 kA/m	124 kJ/m ³
松尾ら(2004)		1.5 μm	500 kA/m	130 kJ/m ³

スパッタリング法

25h $\Rightarrow$ 129 μm (5.16 $\mu\text{m/h}$)

PLD法

短時間での厚膜化

研究目的

厚膜磁石の評価
(磁気特性, 結晶構造, 表面形態 etc.)

高速成膜 & 高磁気特性を実現できるFe-Pt厚膜磁石の作製

成膜条件

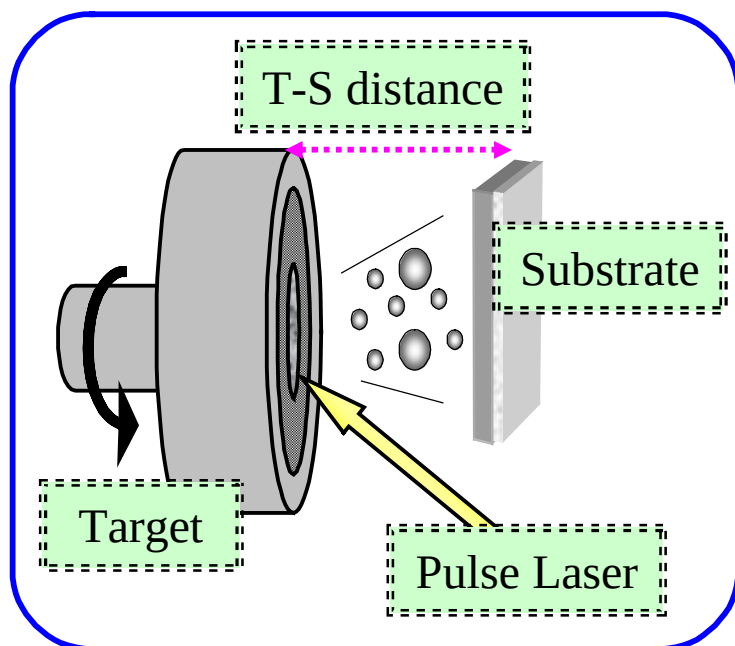
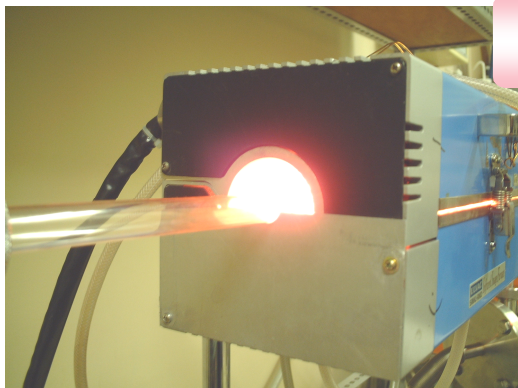


Table2 成膜条件

Target	Fe-Pt (50:50 at.%)
Substrate	Ta (40 μm)
T-S distance	10 mm
Atmosphere	$2 \sim 6 \times 10^{-7}$ Torr
Deposition time	15 ~ 240 min
Laser	YAG (λ : 355 nm)
Laser power	0.2 ~ 9.0 W (※)

(※) 真空チャンバ内に入る直前のエネルギーを
パワーメータで測定した値

熱処理条件



赤外線加熱装置

不規則相 fcc構造 (face-centered cubic)



規則相 fct構造 (face-centered tetragonal)

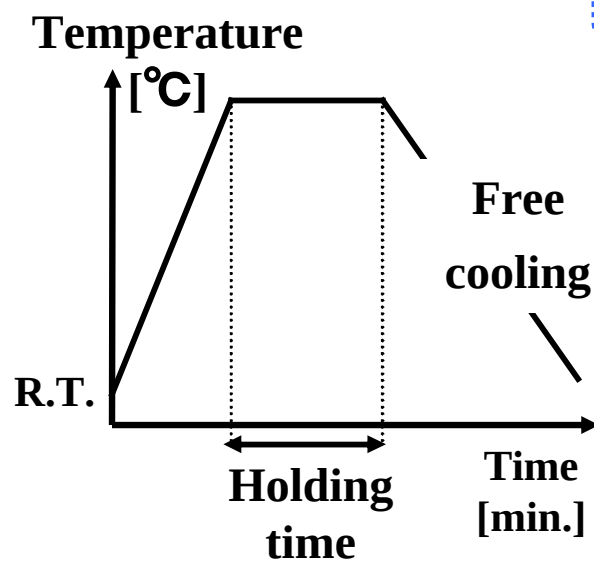


Fig.3 熱処理パターン

Table3 熱処理条件

Temperature	600 °C
Heating rate	100 °C/min
Holding time	10 min
Atmosphere	$3 \sim 6 \times 10^{-6}$ Torr

磁石膜の評価方法ならびに膜厚評価方法

PLD法で作製したFe-Pt磁石膜

評価装置

磁気特性

振動試料型磁力計
VSM
(Vibrating Sample Magnetometer)

結晶構造

X線回折装置 (Cu管球)

組成分析

走査型電子顕微鏡
エネルギー分散型X線分析装置
SEM-EDX

膜厚評価

マイクロメーター

実験結果

PLD法で作製したFe-Pt磁石膜 短時間での厚膜化

1. レーザパワー-成膜速度特性
2. 129 μm 厚を超える厚膜化

高速成膜 ～Laser power～

短時間でFe-Pt磁石膜の厚膜化

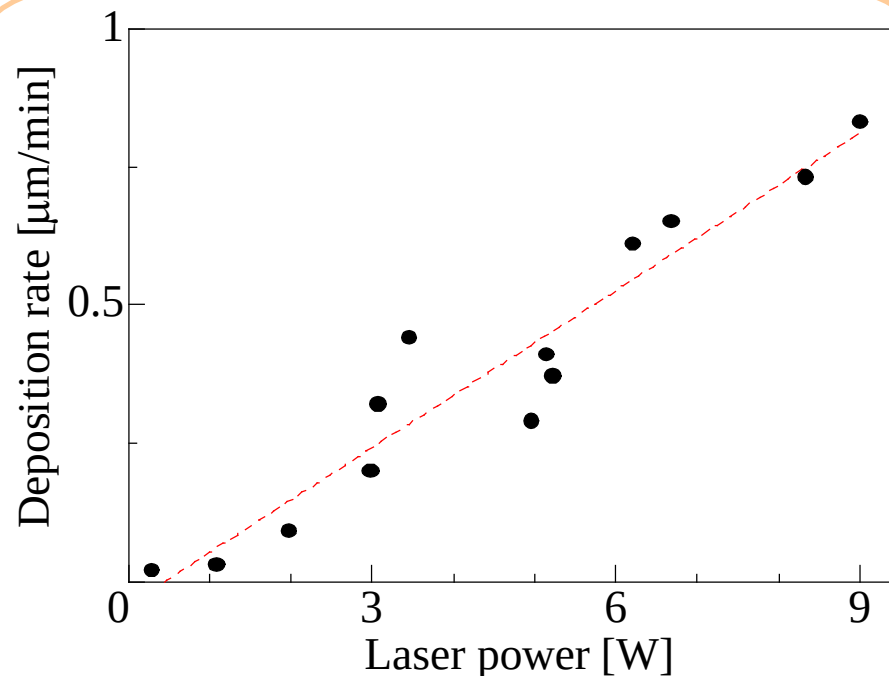


Fig.4 レーザパワー成膜速度特性

レーザパワー： ↑



成膜速度： ↑

レーザパワー 9 W

成膜速度 50 μm/h

@ レーザパワーの増加に伴い、成膜速度も比例的に増加する。

既報の膜厚129 μm を超える厚膜化

レーザパワー

9 W

1h $\Rightarrow$ 50 $\mu\text{m}/\text{h}$

$\times$

3h

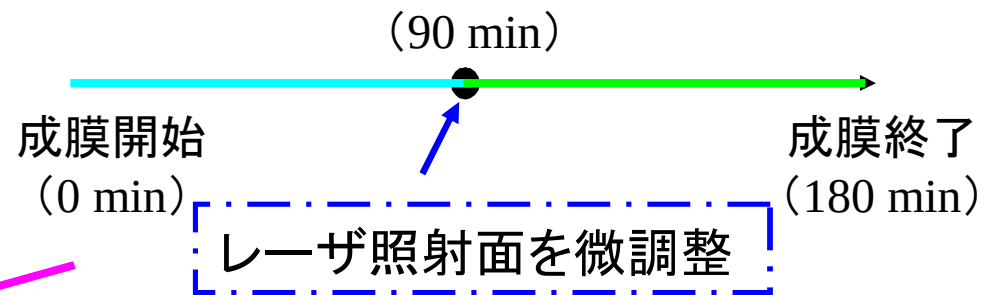
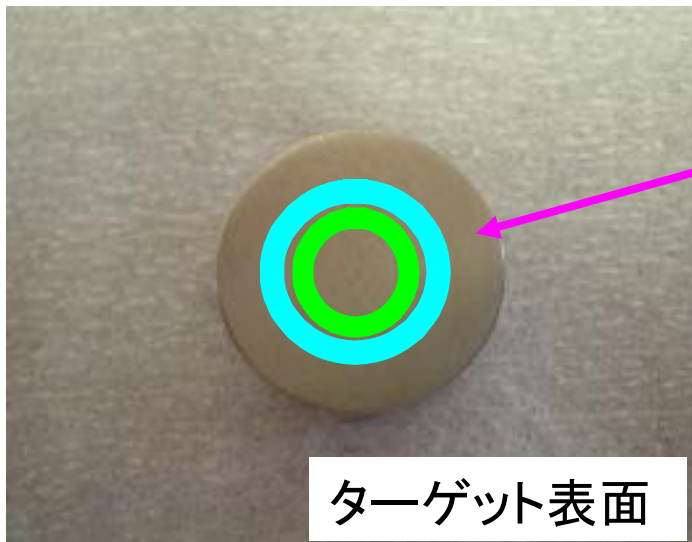
$\Rightarrow$

150 μm

長時間成膜 $\Rightarrow$ ターゲットが深く削りとられ、成膜速度の低下を招く。

成膜時間：180 min

(90 min + 90 min)



~~成膜速度の低下~~

~~剥離~~

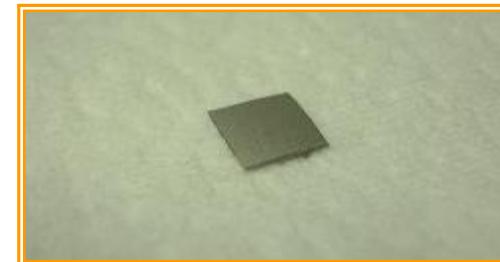


Fig.5 膜厚158 μm を有するFe-Pt磁石膜(5 mm角)

PLD法のメリット ～高速成膜～

Table1 既報のFe-Pt磁石膜の膜厚および磁気特性

著者	薄膜作製法	膜厚	H _c	(BH) _{max}
青山ら(1996)	スパッタリング法	2 μm	580 kA/m	140 kJ/m ³
		129 μm	490 kA/m	104 kJ/m ³
町田ら(2006)		6-7 μm	446 kA/m	124 kJ/m ³
松尾ら(2004)		1.5 μm	500 kA/m	130 kJ/m ³

スパッタリング法

25h ⇒ 129 μm (5.16 μm/h)

PLD法

1h ⇒ 50 μm (**50 μm/h**)

× 10

成膜時間

180 min

短時間での厚膜化!!

158 μm

PLD法

成膜におけるパラメータ

T-S距離

レーザパワー

成膜時間

変化

膜厚の制御!!