



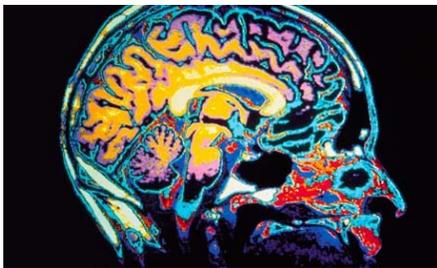
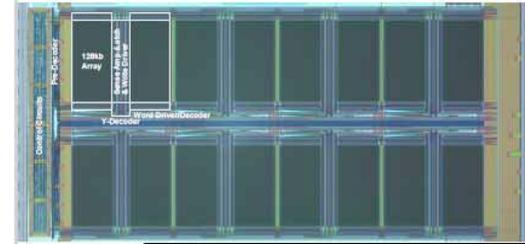
# 磁性体の基礎

電子情報工学科 エレクトロニクス部門  
福間 康裕

[magnet@kit-fukuma.allbiz.jp](mailto:magnet@kit-fukuma.allbiz.jp)

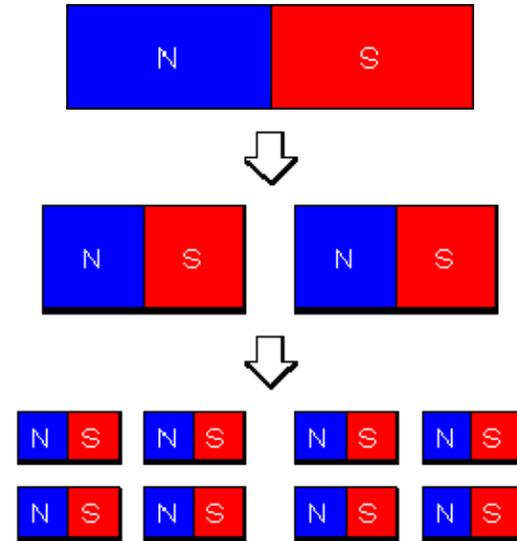


# 磁石の様々な応用



# 磁石の特徴

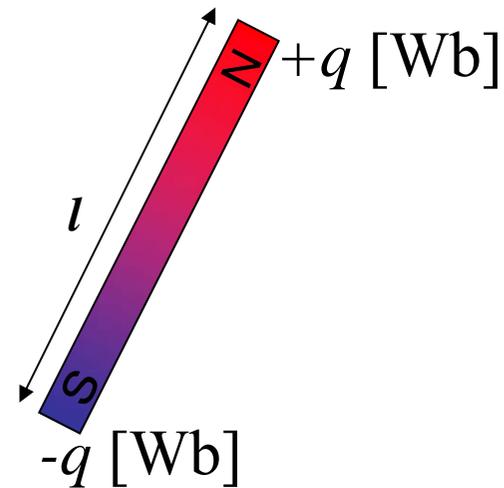
- 磁石には、必ずN極とS極がある。



- 磁気モーメントを定義。

磁気モーメント  $\mathbf{m}$

$$\mathbf{m} = q\mathbf{l} \quad [\text{Wb} \cdot \text{m}]$$



## 静磁エネルギー

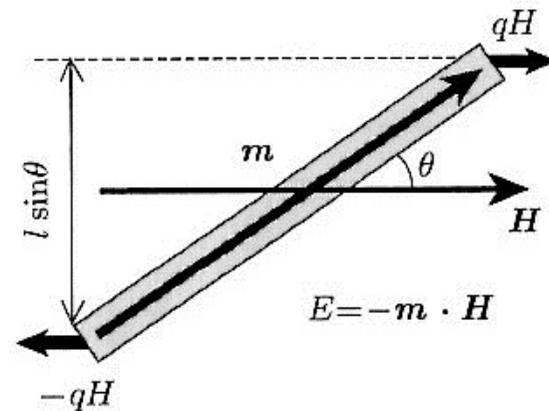


図 1.6 一様な静磁界中に置かれた磁気モーメント

- 一様な磁界中の磁気モーメントに働くトルクの大きさ  $T$  は

$$T = qHl \sin \theta = mH \sin \theta$$

トルク:  
磁界中の磁気モーメントがうける力

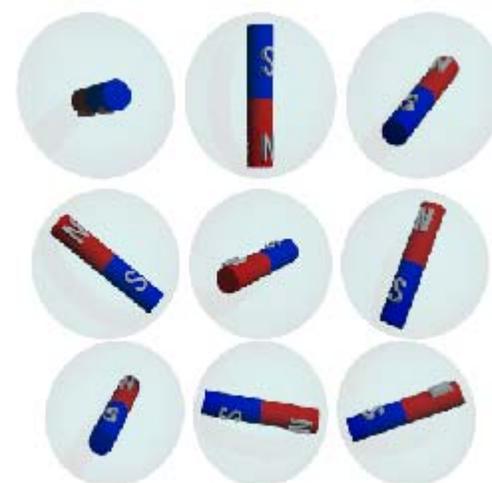
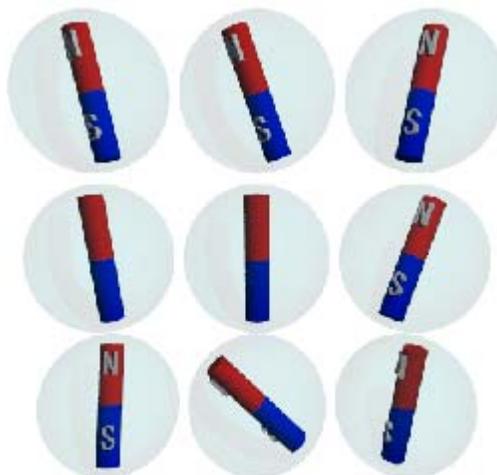
- 磁気モーメント  $m$  のもつポテンシャルエネルギー  $E$  は

$$E = \int T \theta = mH (1 - \cos \theta)$$

- エネルギーの原点はどこでもよいので、 $E = -\mathbf{m} \cdot \mathbf{H}$

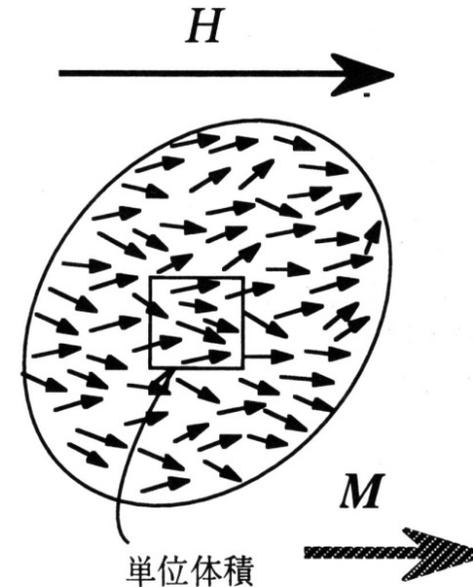


どれが一番安定な状態？





# 磁化 $M$



- 単位体積あたりの磁気モーメントの総和を磁化と呼ぶ。
- 磁気モーメントの単位が $\text{Wb}\cdot\text{m}$ だったので、磁化の単位は $\text{Wb}/\text{m}^2 = \text{T}$ である。
- 磁気モーメント間に何も相互作用がない場合は、熱擾乱にばらばらの方向を向く。そのような物質を常磁性体と呼ぶ。
- 磁気モーメント間に互いに同じ方向に揃おうとする相互作用がある場合、大きな磁化となる。そのような物質を強磁性体(磁石)と呼ぶ。



# 磁化曲線

- 初磁化過程 (OABC)

$$M = \chi H$$

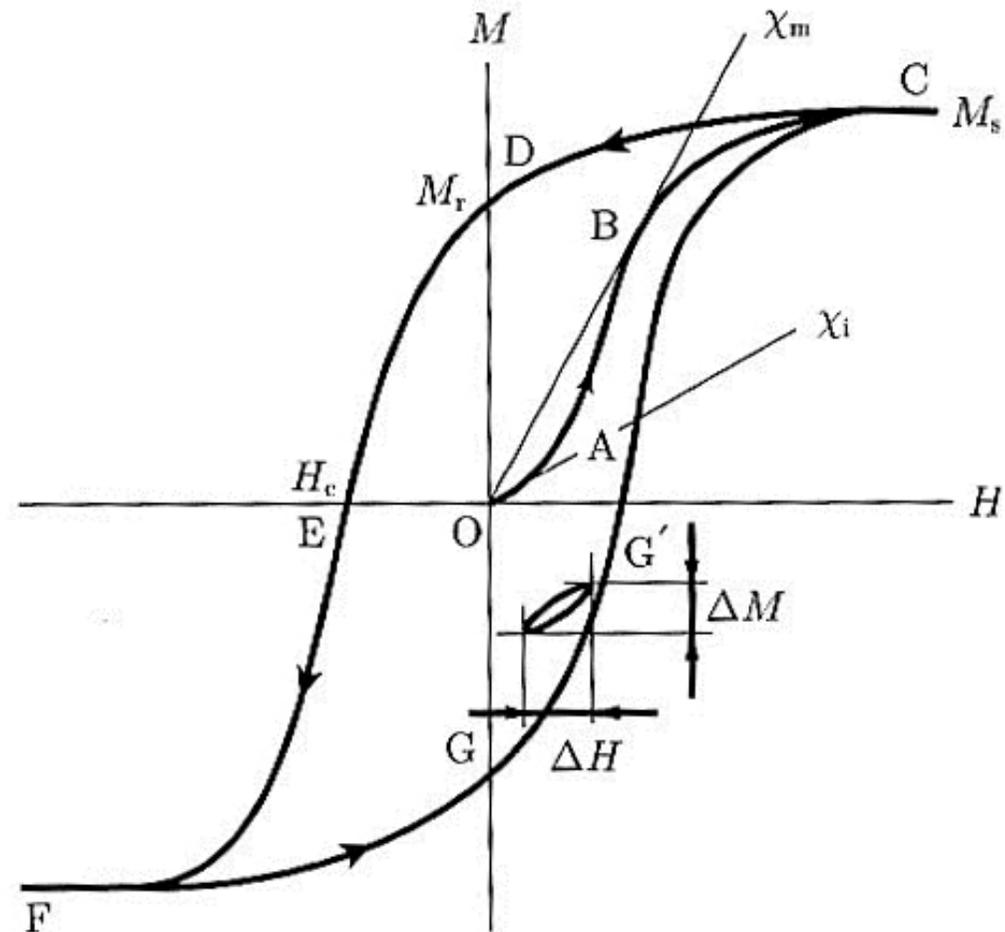
$\chi$ : 磁化率

- 飽和磁化  $M_s$

- 残留磁化  $M_r$

- 保磁力  $H_c$

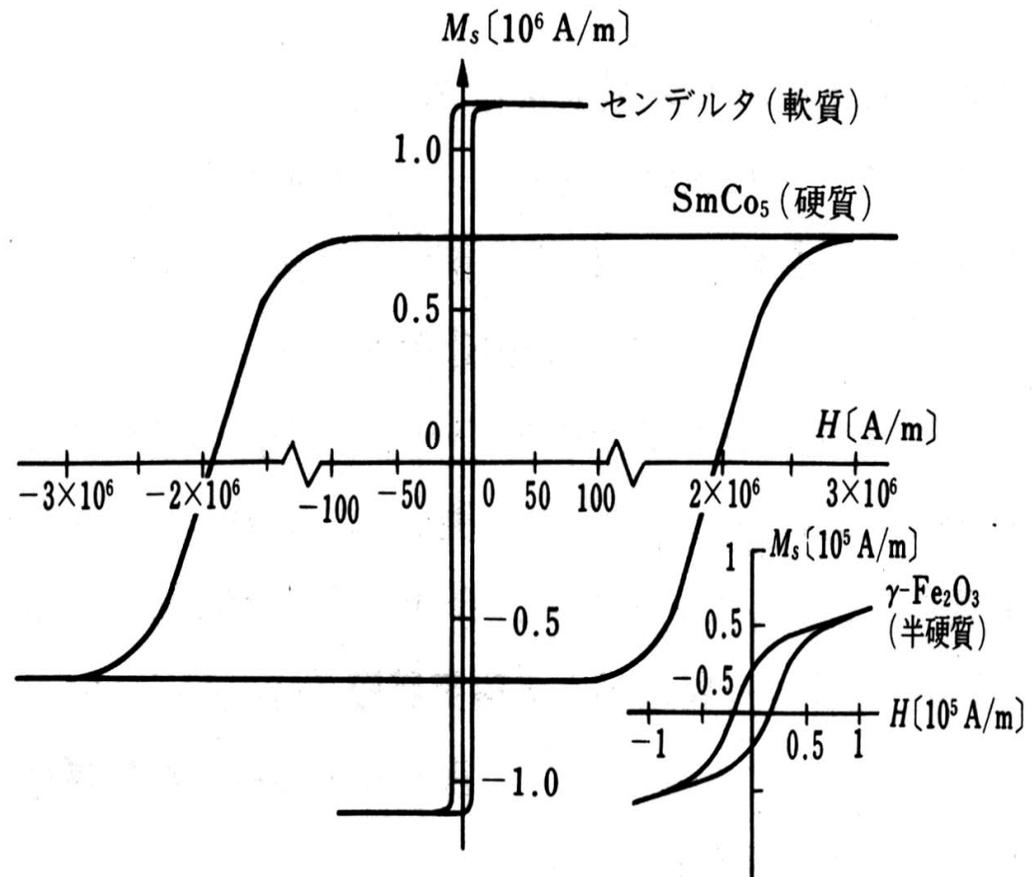
- マイナーループ ( $G \leftrightarrow G'$ )





## 磁化曲線と応用

- $H_c$ 小: 軟質磁性体
  - 磁気ヘッド、変圧器鉄心、磁気シールド
- $H_c$ 中: 半硬質磁性体
  - 磁気記録媒体
- $H_c$ 大: 硬質磁性体
  - 永久磁石





# 磁石のいろいろ

[www.26magnet.co.jp/webshop/top\\_menu.html](http://www.26magnet.co.jp/webshop/top_menu.html)より



フェライト磁石  
 $BaFe_2O_4$



ネオジウム磁石  
 $NdFe_2B_{14}$



サマコバ磁石  
 $SmCo_5$



アルニコ磁石  
 $FeAlNiCo$



ラバー磁石



キャップ磁石



磁石応用製品



メモリ応用に向けた磁性体の大きさは？



# 強磁性体の磁区

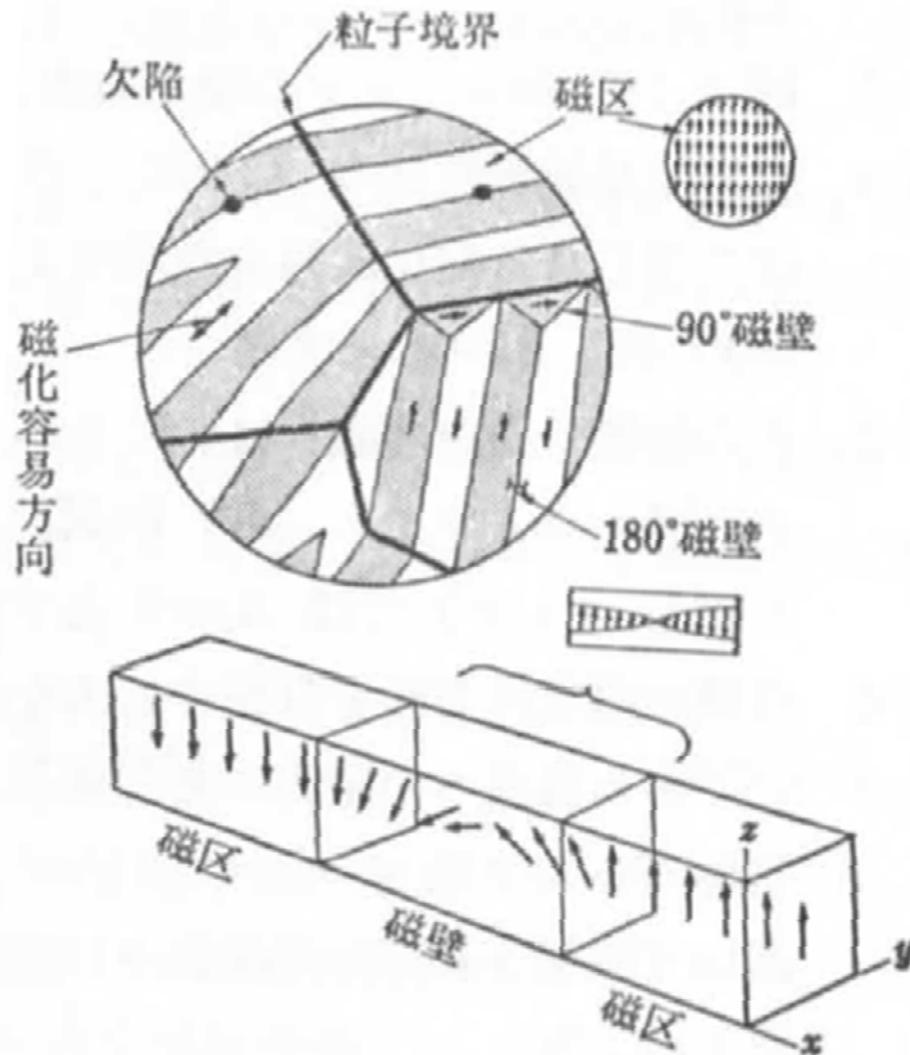
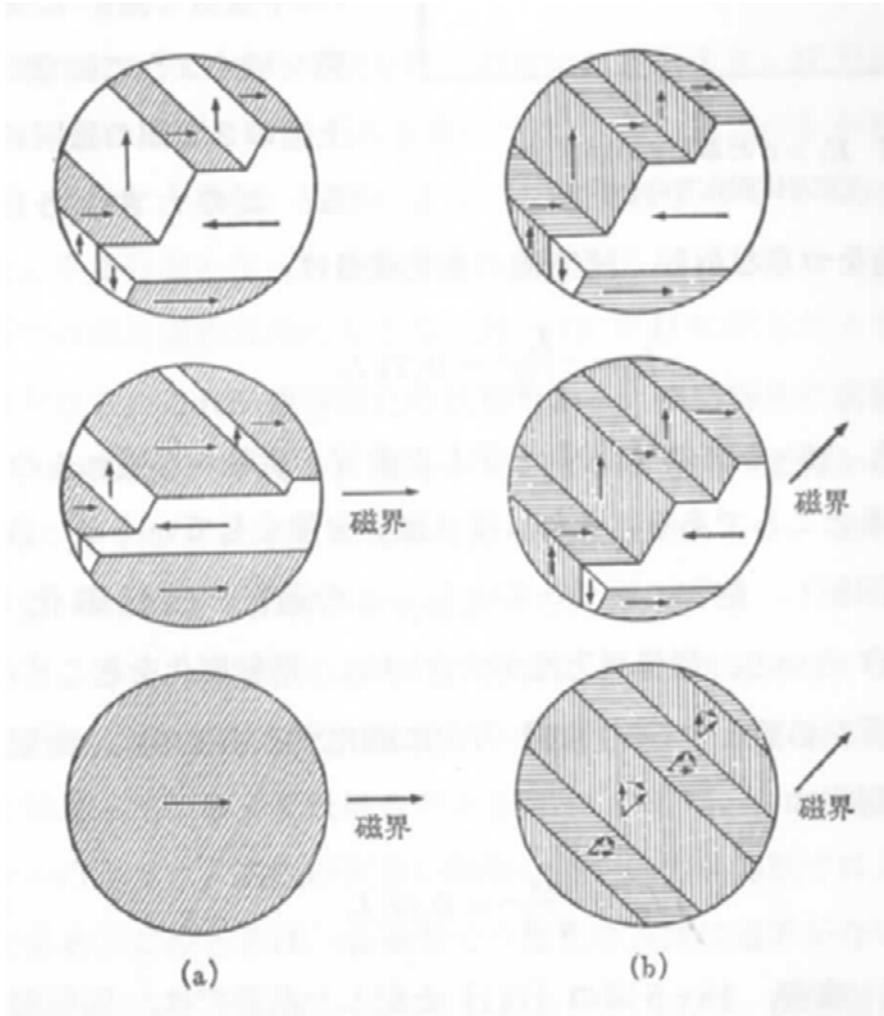


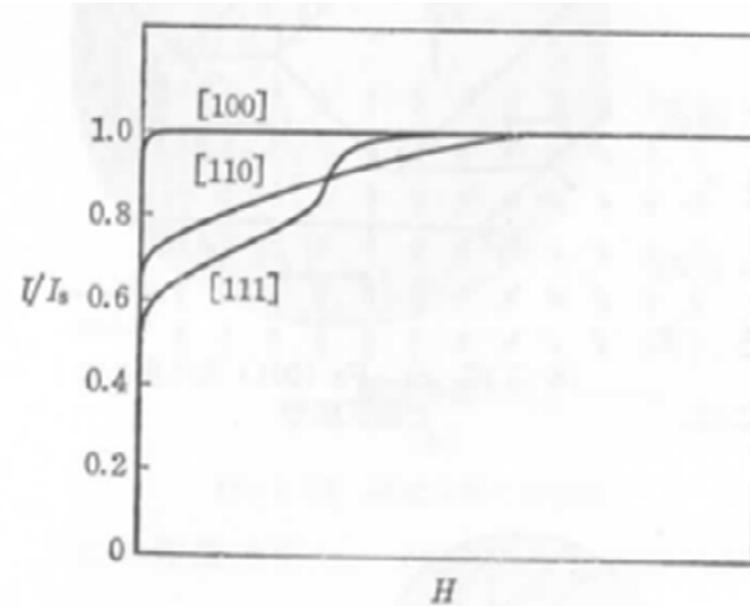
図 6.1-1



# 磁化過程 (磁壁移動と回転磁化)



18-4 図 磁壁移動および回転磁化  
(a)  $H \parallel [100]$  の場合, (b)  $H \parallel [110]$  の場合



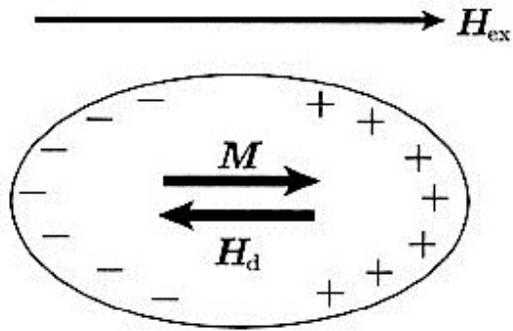
18-5 図  $K_1 > 0$  の単結晶の磁化曲線  
(記号は磁化方向を示す)



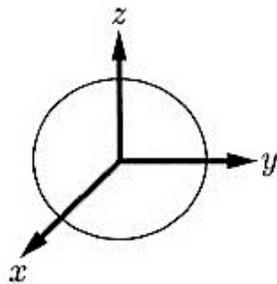
メモリ応用に向けた磁性体の形状は？



# 形状磁気異方性を考える前に、反磁界 $H_d$

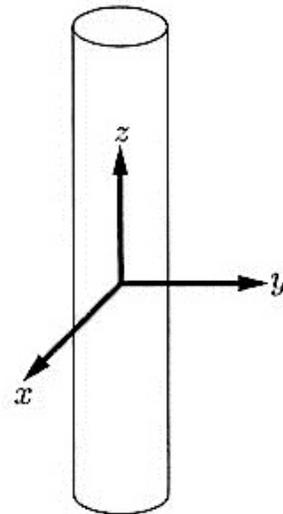


$$H_d = -N_i M$$
$$(N_x + N_y + N_z = 1)$$



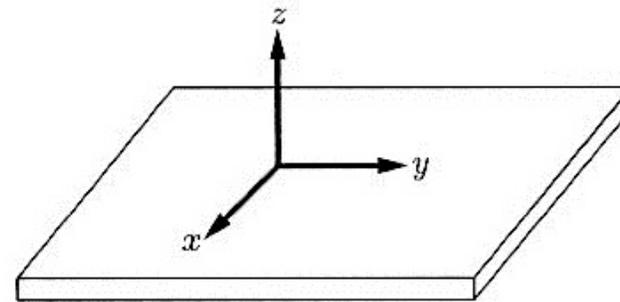
$$N_x = N_y = N_z$$

(a) 球



$$N_x = N_y$$
$$N_z = 0$$

(b) 円柱



$$N_x = N_y = 0$$

(c) 薄板



# 薄膜試料(100nm)の磁化曲線

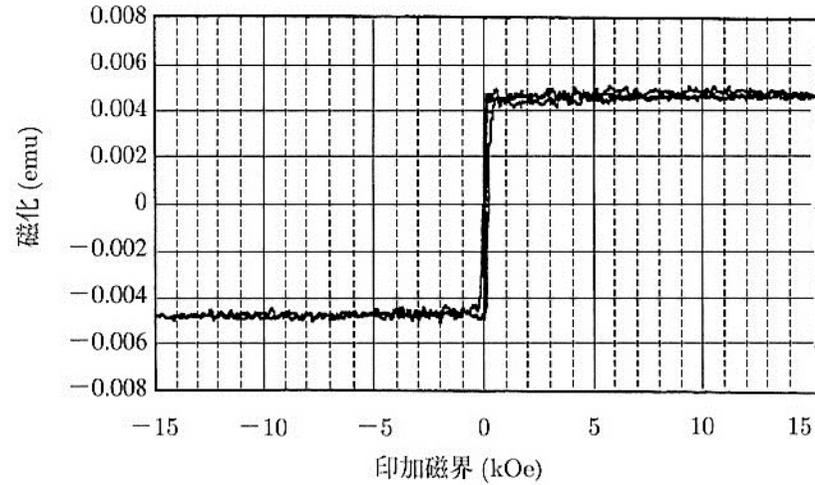


図 1 Ni-Fe 薄膜の面内に磁界を印加したときのヒステリシスループ

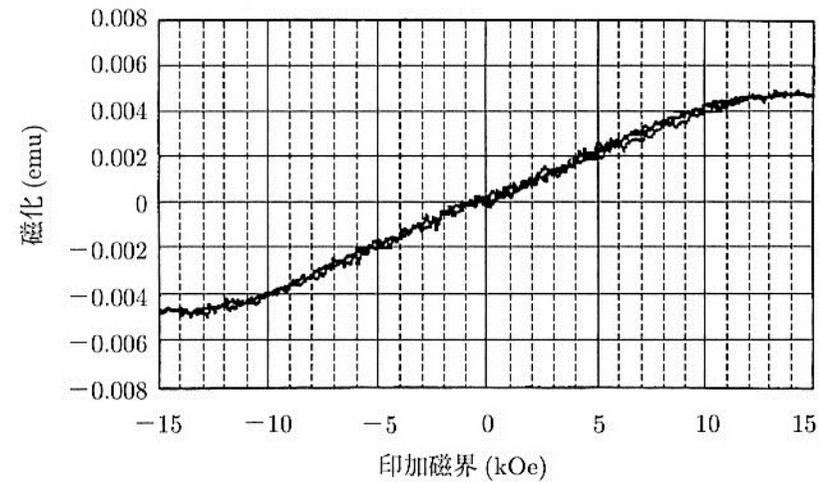


図 2 Ni-Fe 薄膜の膜面垂直方向に磁界を印加したときのヒステリシスループ



## 参考資料

- 「磁気工学入門」 高梨弘毅著、共立出版
- 「磁気工学の基礎 I、II」 太田恵造著、共立出版
- 「磁石と磁気のしくみ」 谷腰欣司、日本実業出版社
- Tech-Mag (<http://www.tdk.co.jp/techmag/>)