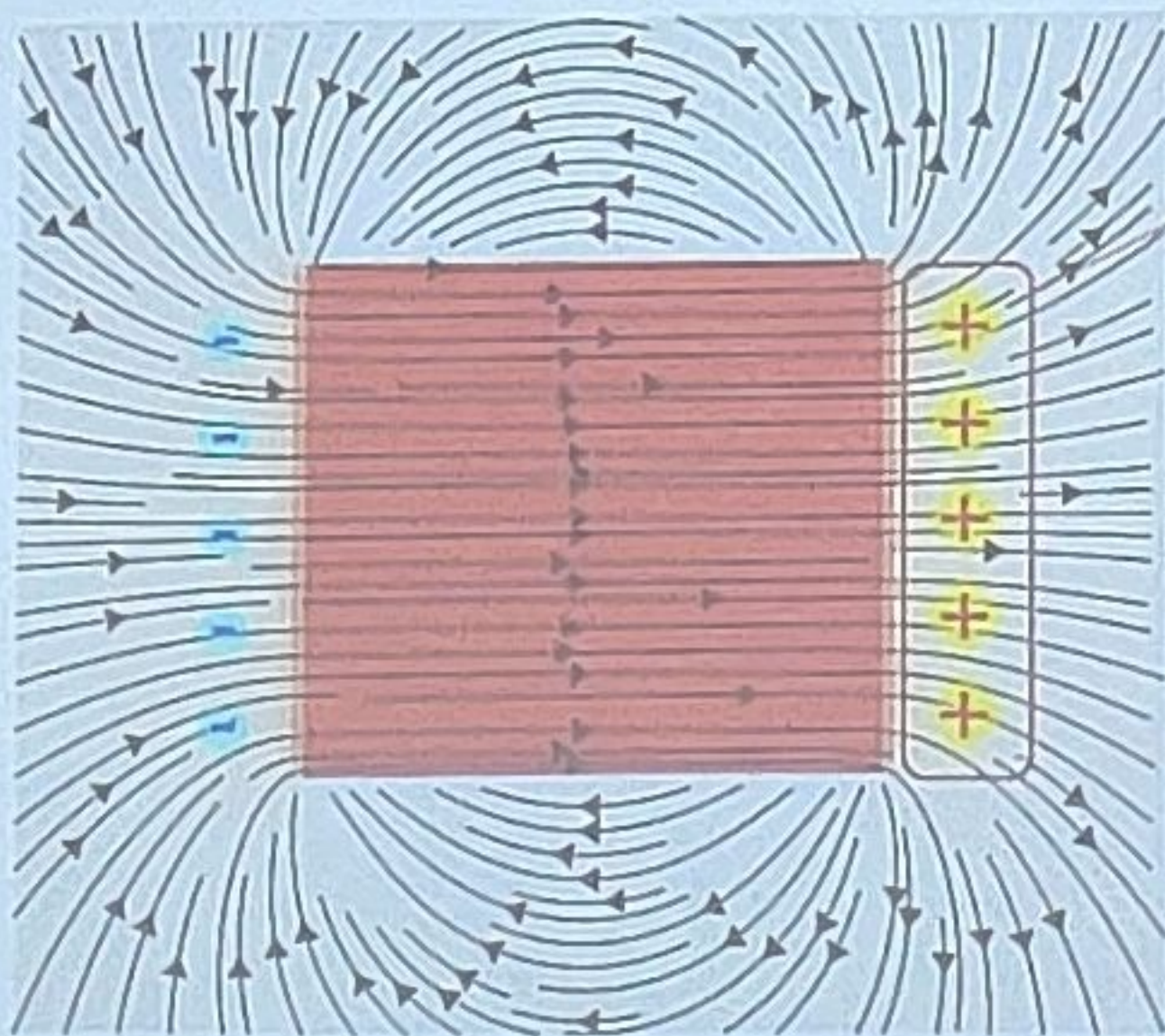


第10回 磁区

Goal

物質のミクロな磁気モーメントの振る舞いを理解する



磁極の発生 @表面

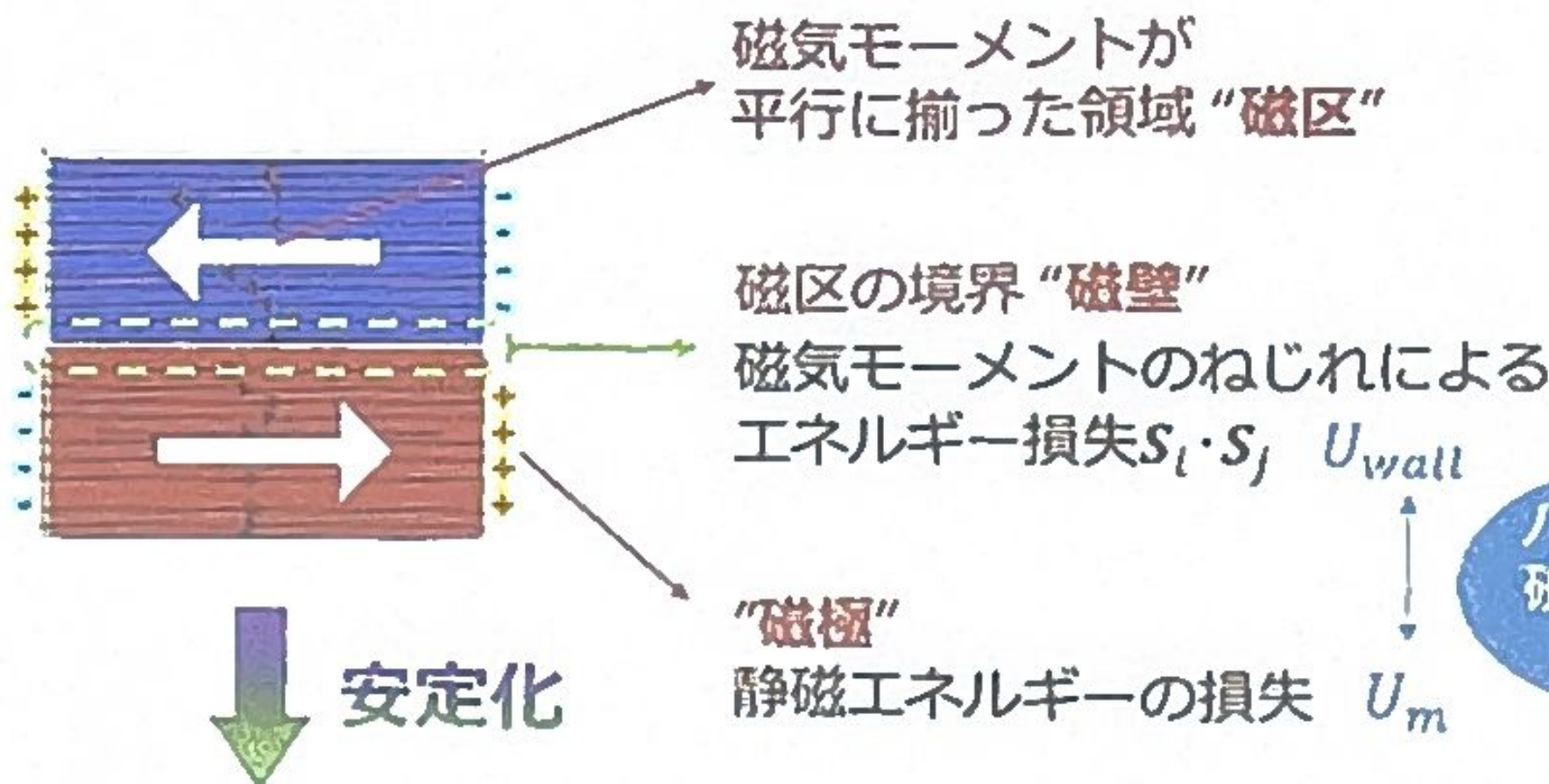
静磁エネルギー

$$U_m = \frac{1}{2} \int H^2 dv \gg 0$$
$$(U_{wall} = 0)$$

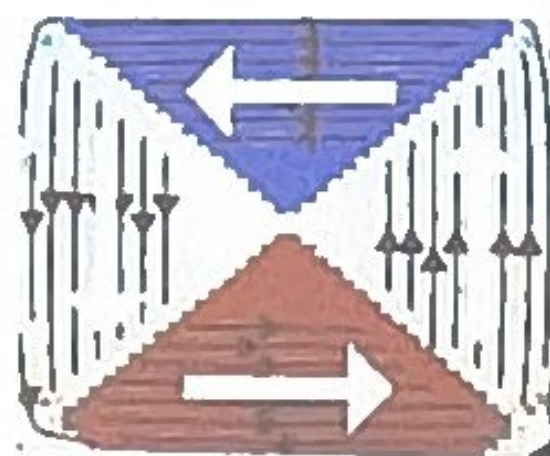
単磁区

磁区構造：磁区が作る微細構造

多磁区構造



バランスで
磁区形状が
決まる



(還流磁区構造)

$$U_m = 0 \text{ 磁極無し}$$

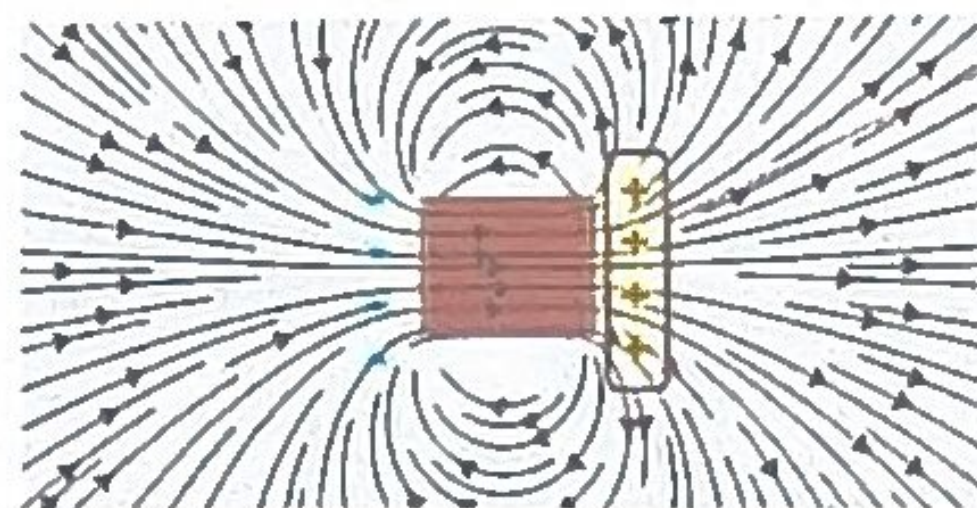
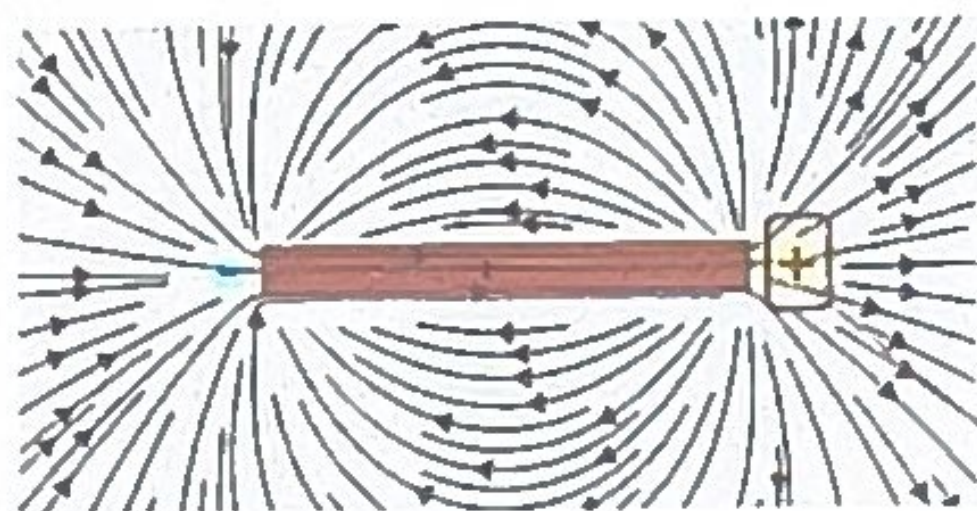
$$U_{wall} > 0$$

磁区構造を決める要因

静磁エネルギー…表面に生じる磁極に依存

$$U_m = \frac{1}{2} \int H^2 dv \propto M_s^2 \quad \text{磁気モーメント } M_s \text{ の2乗に比例}$$

第9回参照

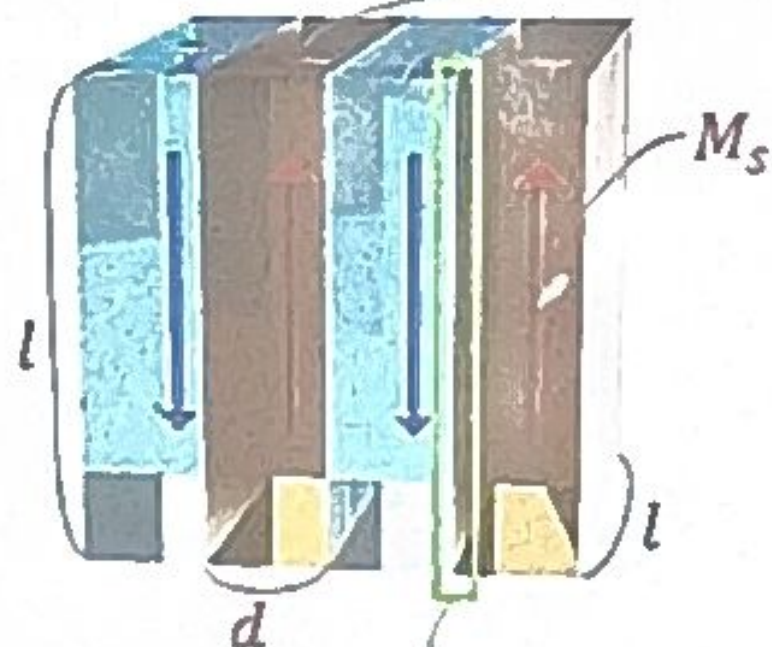


磁極

形状に依存

“形状磁気異方性”

ex) 立方体 (多磁区を形成) → 静磁エネルギー



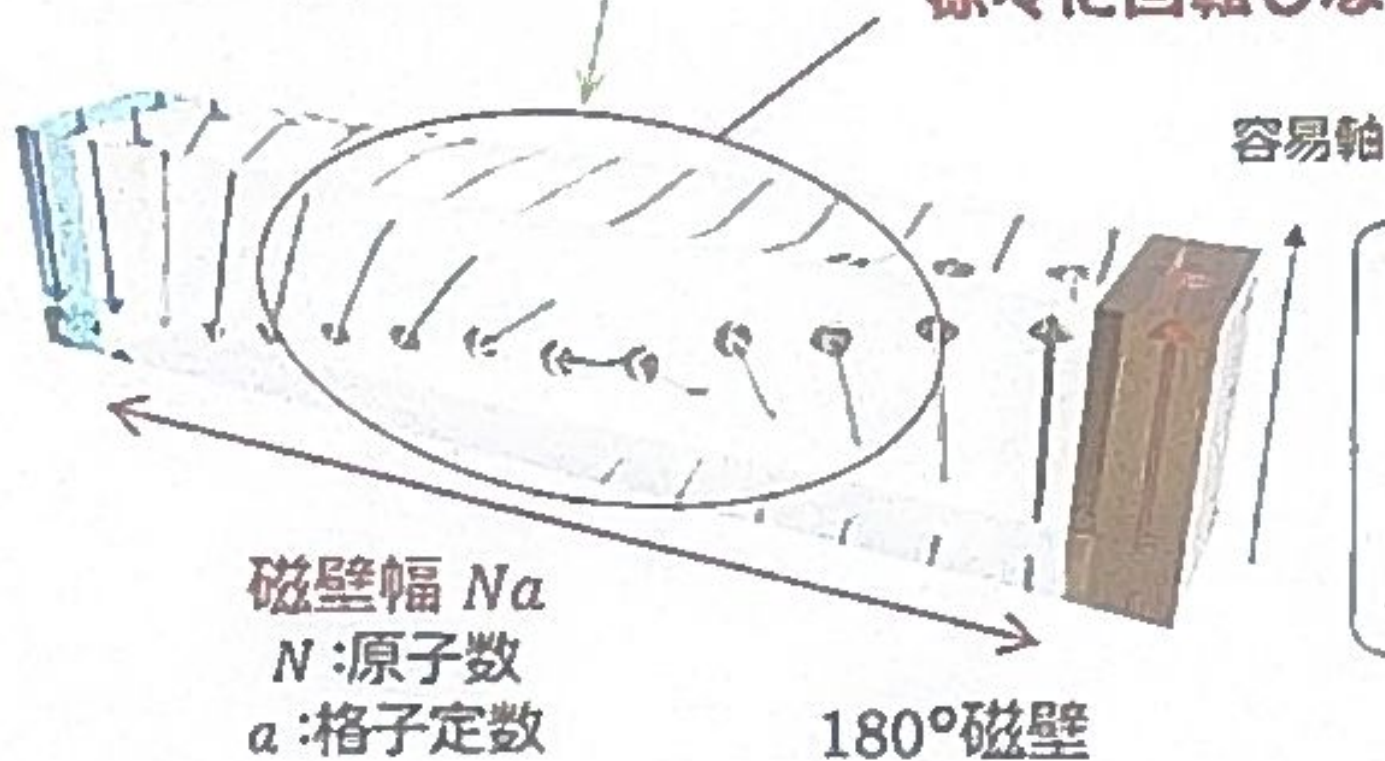
$$U_m \approx \frac{\mu_0}{2} \left(\frac{M_s}{\mu_0} \right)^2 \frac{\pi d}{4}$$

$$\approx \frac{M_s^2}{\mu_0} d \quad \leftarrow \text{磁区幅に比例}$$

小さいほど有利

磁壁エネルギー

徐々に回転しながら反転 (典型的には数nm)



・ 交換エネルギー $\gamma_{ex} = \frac{\pi^2 J_{ex} S^2}{Na^2}$
隣接する磁気モーメントのねじれ

・ 異方性エネルギー $\gamma_A = |K|Na$
容易軸からのずれ

$$\gamma = \gamma_{ex} + \gamma_A \quad \text{より}$$

$$\gamma = 2\pi \sqrt{\frac{|K| J_{ex} S^2}{a}}$$

結晶で決まる

磁壁エネルギー \leftrightarrow 結晶磁気異方性
対応

・ 磁区構造の実際

LLG (Landau-Lifshitz-Gilbert) simulation を利用

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -\gamma \mathbf{M} \times \mathbf{H}_{eff} + \frac{\alpha}{M_s} \mathbf{M} \times \frac{d\mathbf{M}}{dt}$$

磁気回転比 (ジャイロ磁気定数) $\rightarrow \gamma$

ギルバートダンピング定数 $\rightarrow \alpha$

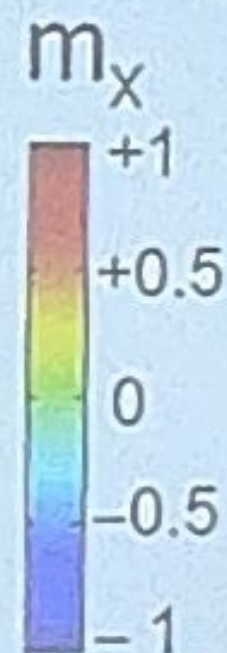
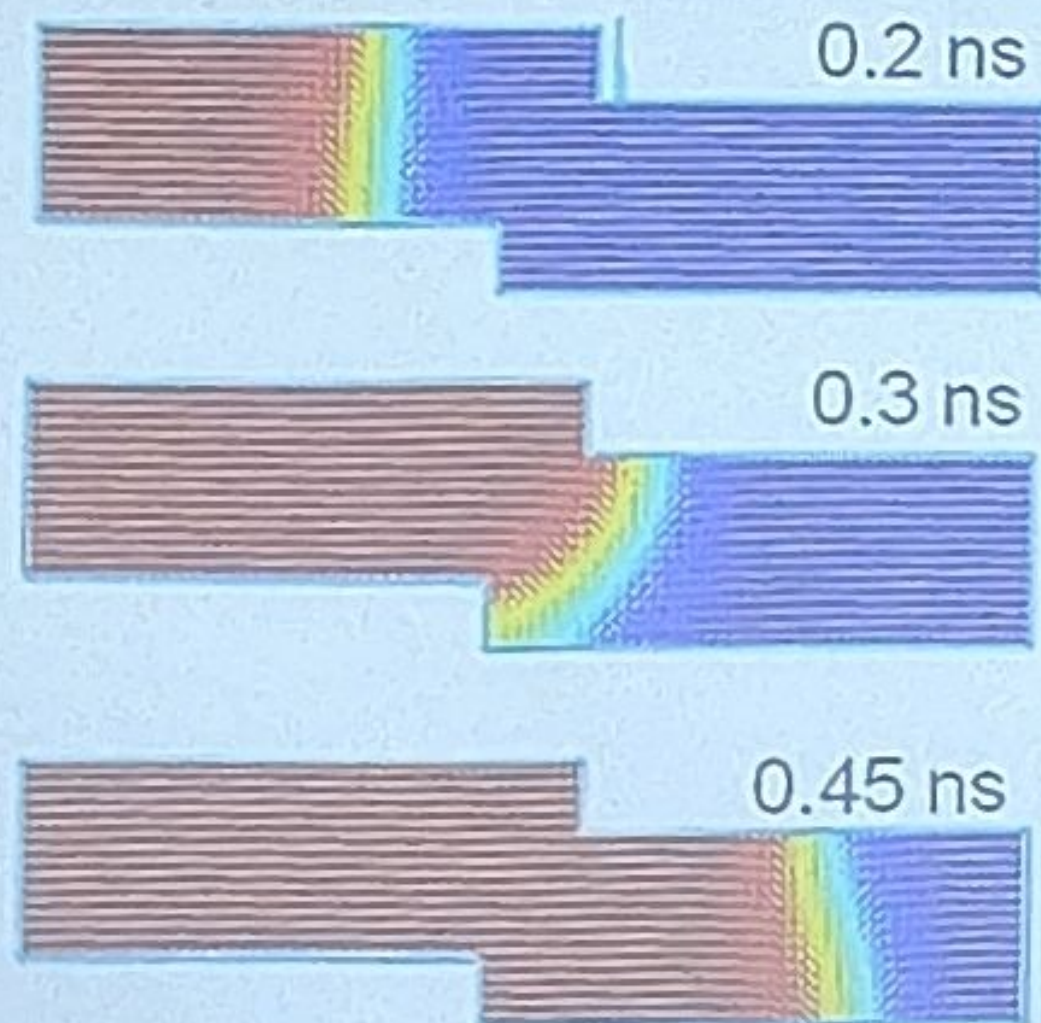
形状と磁区構造

Scientific Reports 6, Article number: 28590 (2016)
doi:10.1038/srep28590

LLGシミュレーション

$d = 15 \text{ nm}$

$d = 25 \text{ nm}$



形状に応じて磁化反転挙動が異なる→機能の最適化

スピントロニクスデバイスの設計

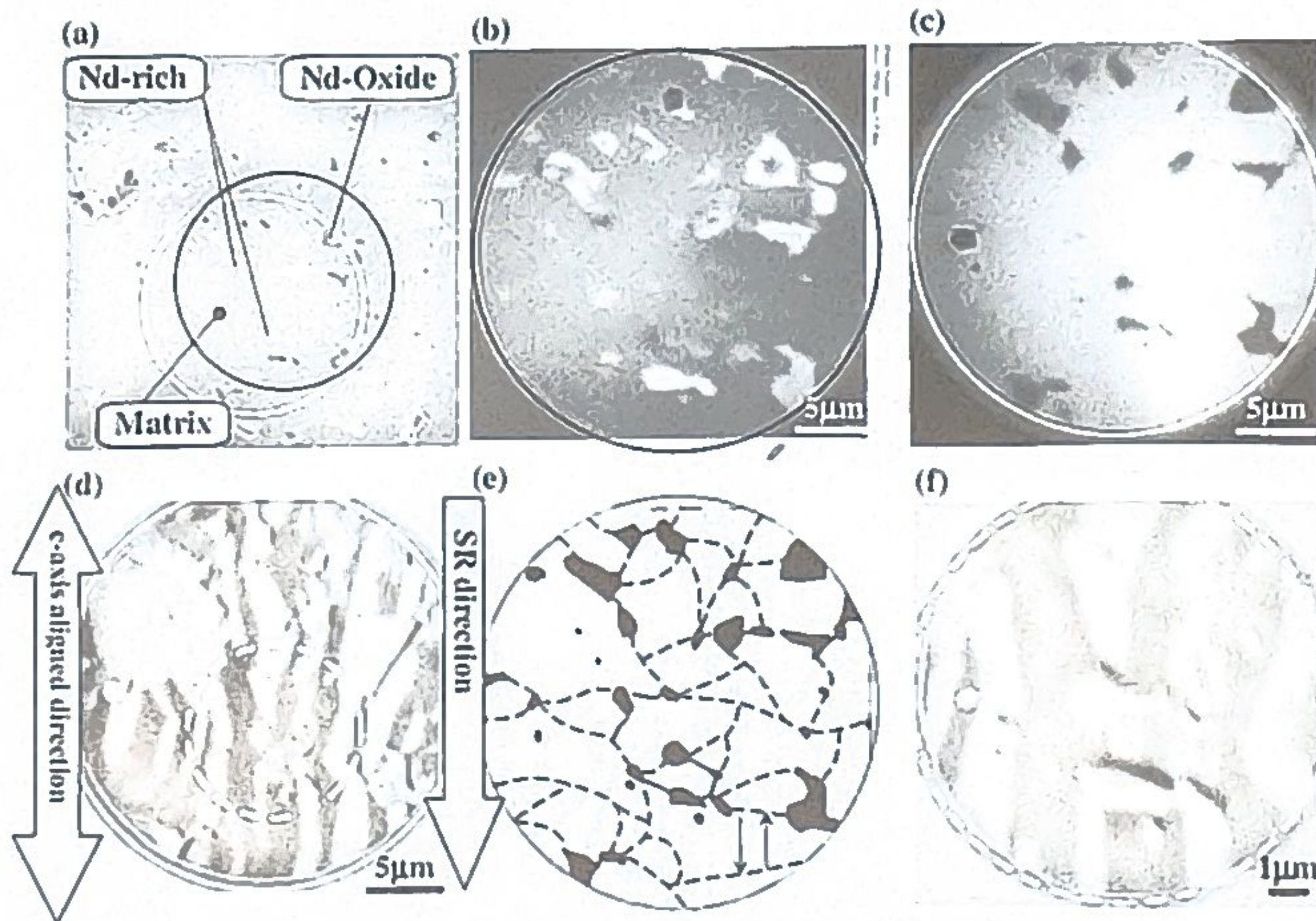
バルク磁性材料の磁区構造、反転過程



電磁鋼板の保磁力制御

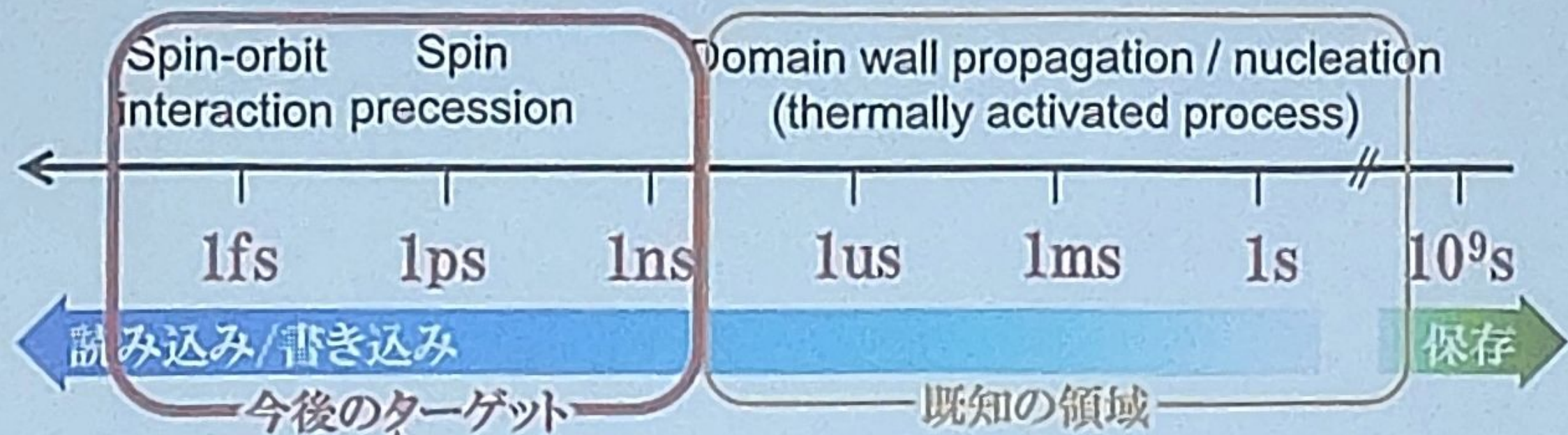
放射光による磁区構造解析

空間スケール
nano ~ micro

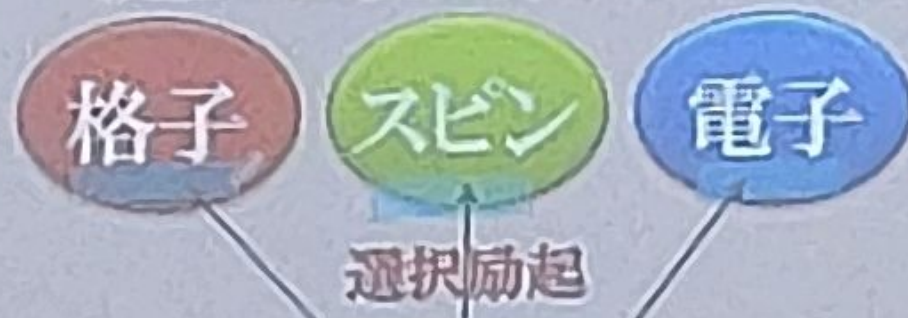


金属組織、組成マップ、磁区構造
画像情報として観測

超高速スピンドYNAMICS

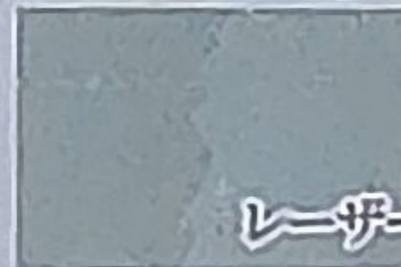


非平衡のスピンドYNAMICS
独立の温度を持つ事が可能



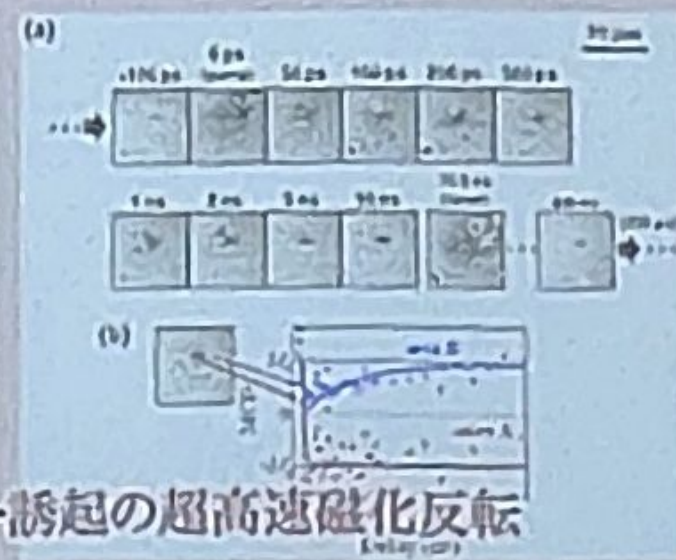
レーザー&放射光 ポンププローブ

逆ファラデー効果



レーザー誘起の超高速磁化反転

PRL 99 (2007) 47601
JJAP 51 (2012) 128001



光によるスピンマニピュレーション

第10回 課題

- ① なぜ磁区構造が形成されるのか？を説明してください。
- ② 磁区構造の応用例について調査してください。
(物質名、応用デバイス、原理、など)

例)

永久磁石

電磁鋼板

磁気メモリ

ハードディスク

地磁気

など

自由課題：磁区構造シミュレーションコンテスト

アイデア勝負！