

# Fe/MgO(001), Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001)界面における磁気異方性

## INTRODUCTION

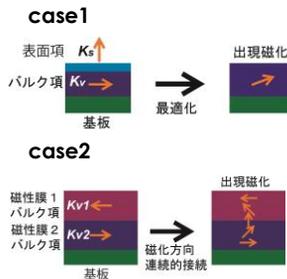
### 背景

従来、磁性薄膜の磁化は、バルク・表面・界面磁気異方性の競合により、均質な磁化として表出すると考えられている  
 しかし、表面ではバルクと異なる磁化方向を示す**表面磁気キャンティング**が理論予測され、遷移金属の鉄薄膜について、その実測に**成功した**

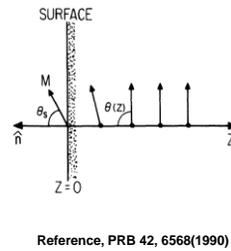
### 目的

今回は、**鉄薄膜界面**においても同様な現象が起きているかを放射光核共鳴散乱法(NRS)を用いて確かめる

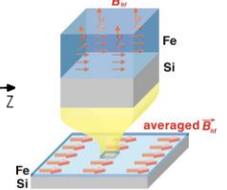
従来の磁性薄膜の磁化概念



表面磁性の理論予測



表面磁気キャンティングの実測に成功



## Sample Preparation

### 試料

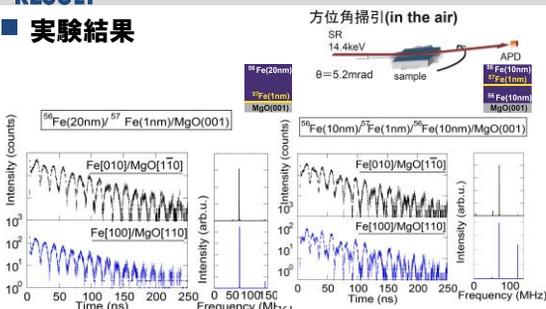
超高真空中(ベース圧力: 7x10<sup>-9</sup>Pa)蒸着、at 400K  
 基板: MgO(001), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001)  
 蒸着材料 Fe(<sup>57</sup>Fe同位体95%富化材料,  
<sup>56</sup>Fe同位体99.7%富化材料)



基板	MgO(100)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0001)	
<sup>57</sup> Fe添加位置	界面	膜中	界面	膜中
表面粗さ	2.6nm	2.4nm	0.8nm	1.3nm
高速電子線回折				
	Fe(001)/MgO(001)	Fe(100)/MgO(110)	Fe(110)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0001)	Zero-order Laue-zone - Fe(110) - Fe(113) First-order Laue-zone - Fe(110) - Fe(113)

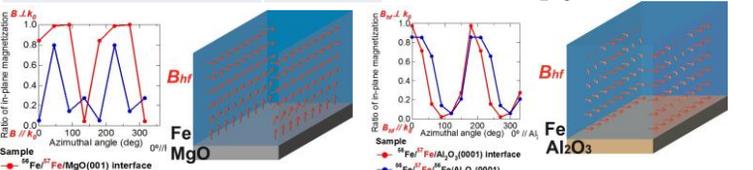
## RESULT

### 実験結果



Fe/MgO(100) 膜方向に対する磁化傾斜角      Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) 膜方向に対する磁化傾斜角

試料	傾斜角	試料	傾斜角
<sup>56</sup> Fe/ <sup>57</sup> Fe(1nm)/MgO	58 ± 8°	<sup>56</sup> Fe/ <sup>57</sup> Fe(1nm)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25 ± 6°
<sup>56</sup> Fe/ <sup>57</sup> Fe(1nm)/ <sup>56</sup> FeMgO	6 ± 5°	<sup>56</sup> Fe/ <sup>57</sup> Fe(1nm)/ <sup>56</sup> FeAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24 ± 6°



面内磁気異方性      磁化イメージ図      面内磁気異方性      磁化イメージ図

### Fe/MgO(100)

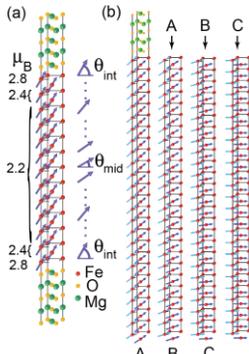
界面で面直磁化が存在膜中では面内一軸磁化

### Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001)

界面、膜中共に面内磁化が支配的  
 界面ほど、面内一軸磁化傾向が強い

## DISCUSSION

### 理論的考察 ノンコリニアな磁区構造の第一原理計算

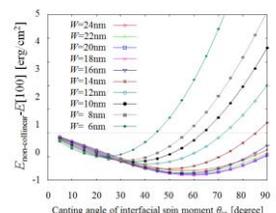


鉄薄膜の磁気的エネルギー＝  
 (界面磁気異方性項)  
 +(近接サイト間の磁化方向の差による増分)  
 -(ジャロシンスキー-守谷反対称交換相互作用)  
 +(膜中面内磁化からの傾斜による増分)

$$E = -K_{int} \sin^2 \theta_{int} + \int_0^{\infty} \left[ A \left( \frac{d\theta}{dz} \right)^2 - D(z) \left( \frac{d\theta}{dz} \right) + 2\pi M^2 \sin^2 \theta \right] dz$$



MgO上の鉄薄膜において  
 ノンコリニア磁気構造が発現する可能性がある。



磁気的エネルギーの磁化キャンティング角度膜厚依存性

## CONCLUSIONS

結論 Fe(001)/MgO(001)で、膜中ではFeの磁化容易軸[100]面内配向成分が観測され、過去の文献と一致した一方で、界面ではFe[001]方位に面直磁化成分が観測された

→ Fe/MgO界面において"界面"磁気キャンティングの観測に今回成功したと考えられる

Taizo Kawauchi, et al., PRB 95, 14431 (2017)