

光電子顕微鏡 (PEEM) から始まる ナノ材料顕微分光研究

PEEMとは？

研究例の紹介



謝辞

東京大学: 谷内敏之、安原隆太郎、藤原 宏平、堀場弘司、組頭広志、大久保勇男、尾嶋正治、高木 英典

大阪電気通信大学: 越川孝範、安江常夫、鈴木雅彦、橋本道廣、上田将人、松岡由明

NTT物性基礎研究所: 日比野浩樹、前田文彦、関根佳明

広島大学: 圓山裕、石松直樹、生天目博文 谷口雅樹

東北大学: 角田匡清、磯上慎二

KEK: 久保田正人、小野寛太、総研大: 小谷佳範、新日鐵: 岩田圭司

JASRI: 脇田高德、郭方准、渡辺義夫、木下豊彦、小林啓介

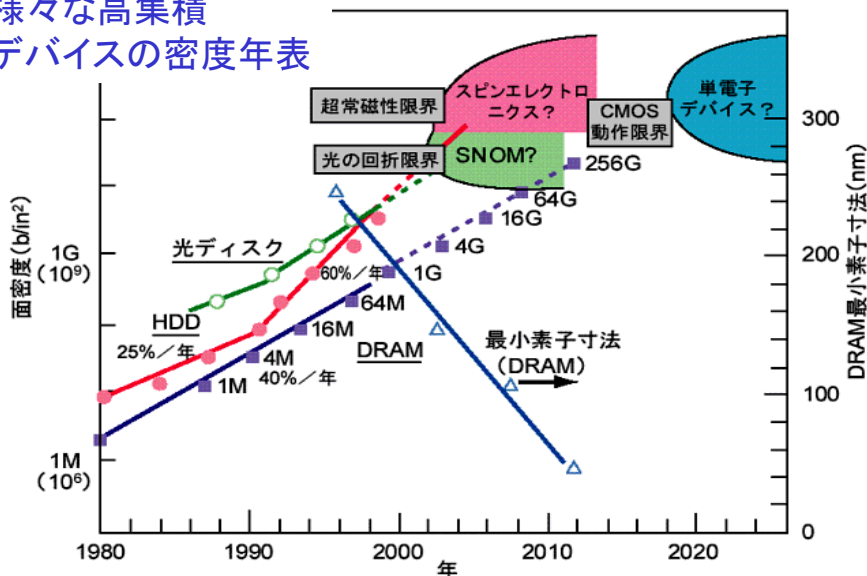


高輝度光科学研究センター 産業利用推進室

小嗣 真人(こつぎ まさと)

背景

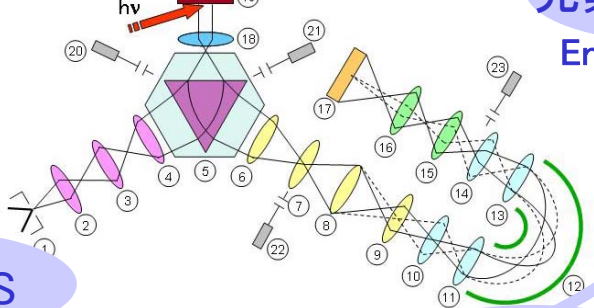
様々な高集積
デバイスの密度年表



加速度的な極小化

磁気イメージング

MCD・MLD



元素毎の情報
Energy tunability

直接観察のできるツール

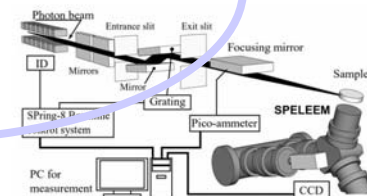
電子顕微鏡

- ◆ 光電子の空間情報
- ◆ 数十nmの分解能



放射光

- ◆ Energy tunability
- ◆ 偏光特性
- ◆ パルス性



Microscopy + Spectroscopy

空間情報

元素・磁気・時間情報

ナノスケールの顕微分光

Novel Prize of Chemistry 2007



Prof. Gerhard Ertl

Ptにおける触媒効果



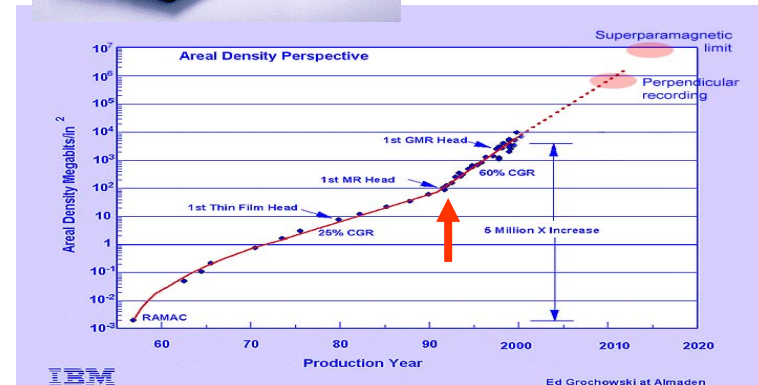
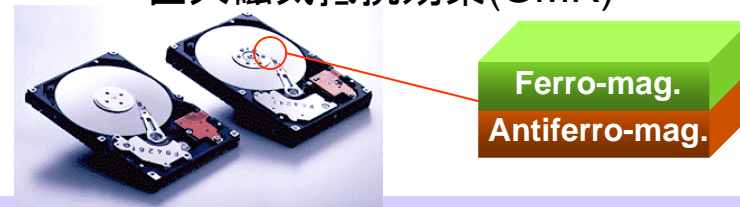
J. Chem. Phys. 98, 9977 (1993)

Novel Prize of Physics 2007



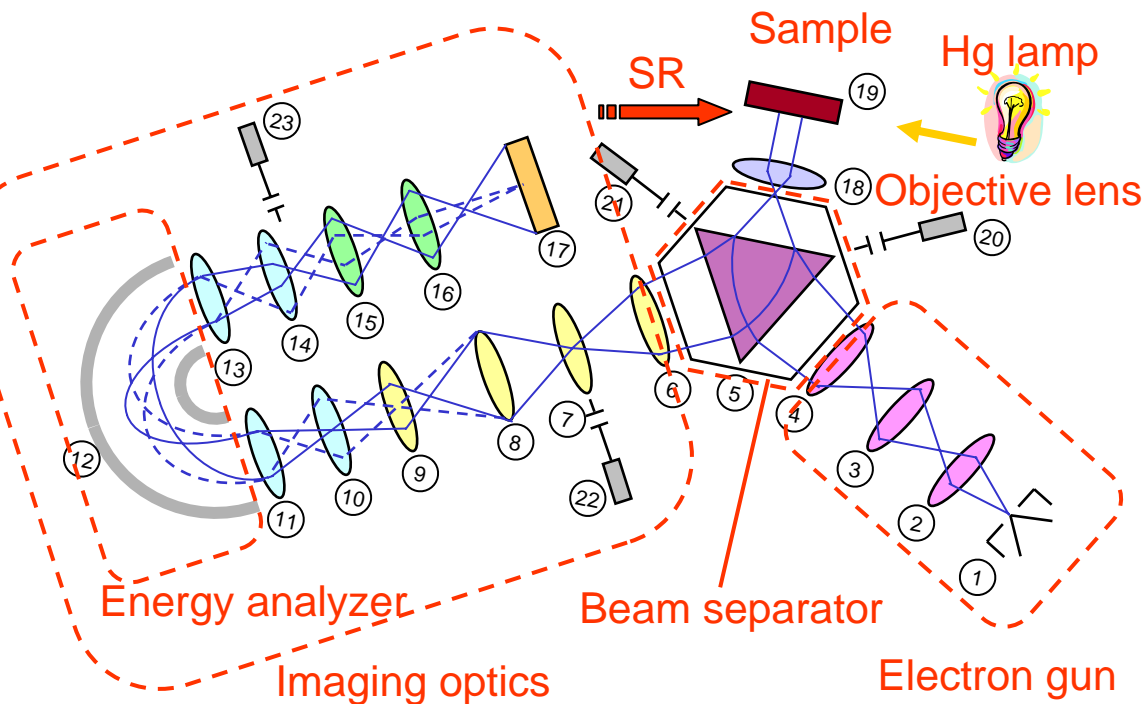
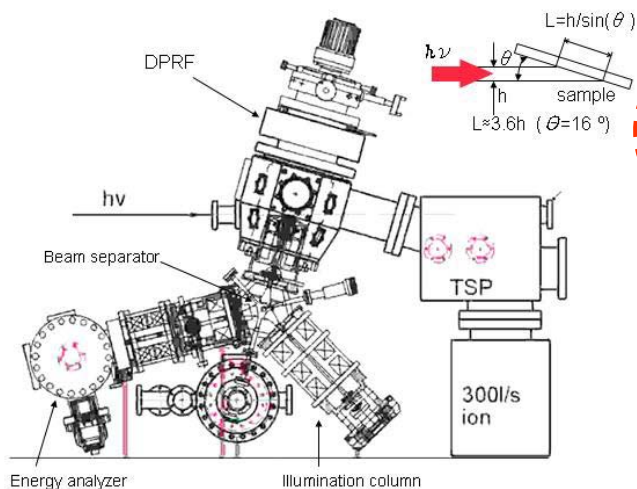
Prof. Peter Grünberg

巨大磁気抵抗効果(GMR)



Optics

Elimitec社製SPELEEM



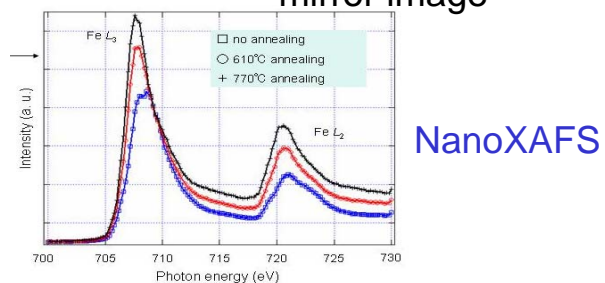
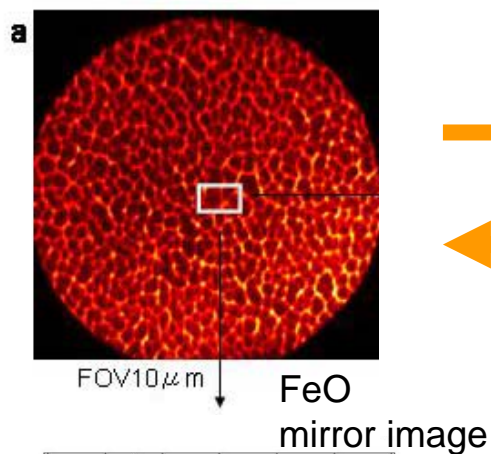
特徴

選べる3種の分光モード
 選べる3種の光源
 高い空間分解能

- (1)Electron gun. (2)condense lens 1. (3)condense lens 2.
- (4)condense lens 3.(5)beam separator. (6)transfer lens.
- (7)field lens. (8)intermediate lens.(9)projector Lens 1.
- (10)retarding lens. (11)imaging lens 1. (12)analyzer.
- (13)imaging lens 2. (14)acceleration lens. (15)projector lens 2. (16)projector lens 3. (17)MCP and phosphor screen. (18)objective lens. (19)specimen. (20)illumination aperture. (21)selected area aperture. (22)contrast aperture. (23)analyzer slit.

3つの分光モード

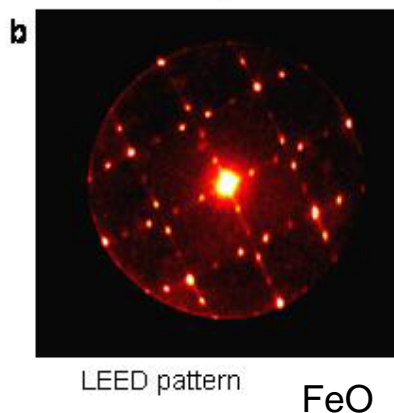
Imaging mode



実像観察

元素分布
化学状態マッピング
表面凹凸

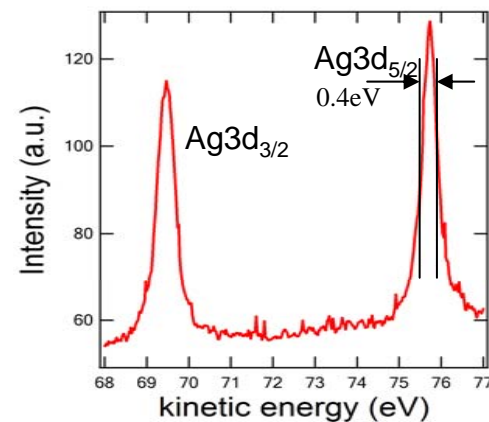
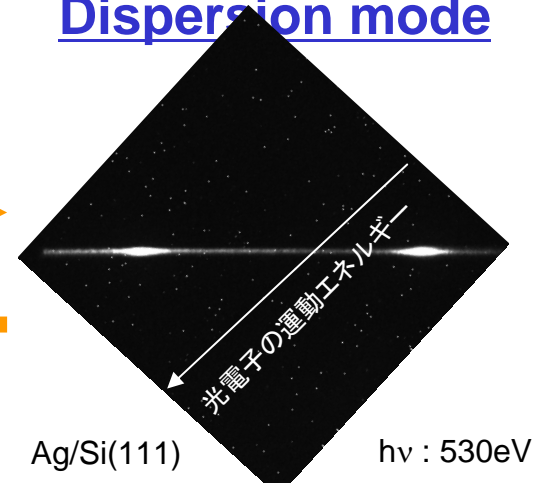
LEED mode



逆空間の情報

LEEDパターン
 k 空間マッピング

Dispersion mode



局所XPS

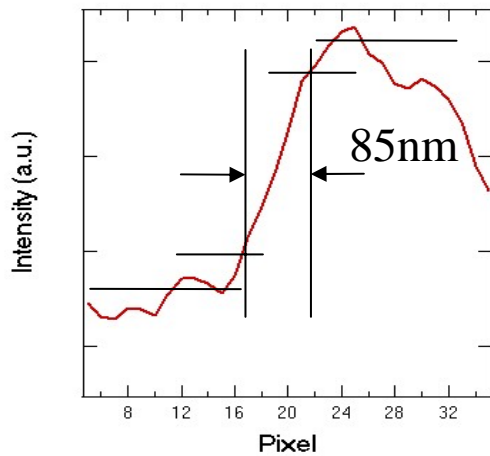
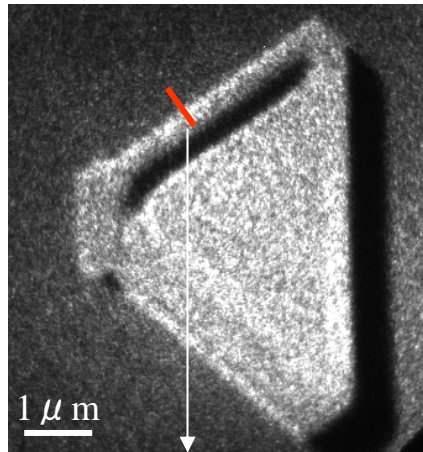
電子状態

energy resolution is better than 0.4 eV.

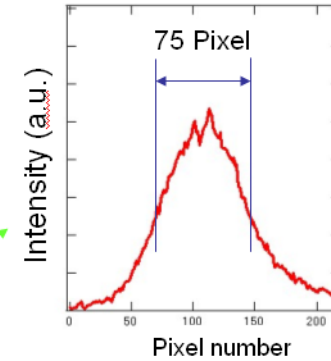
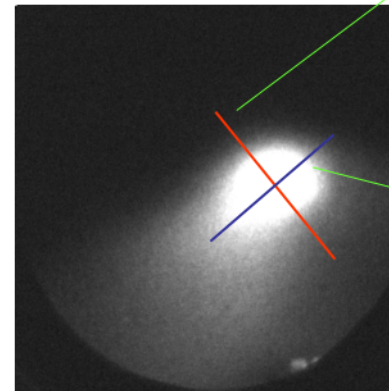
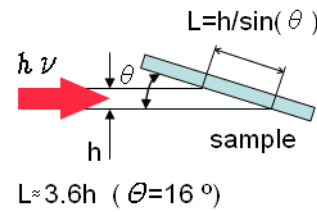
Spatial Resolution of SPELEEM

Beam spot size

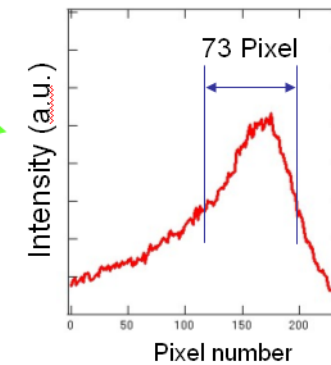
Pb/Si(111)



< 85nm @ PEEM
< 10nm @ LEEM



Vertical
14.6 μm



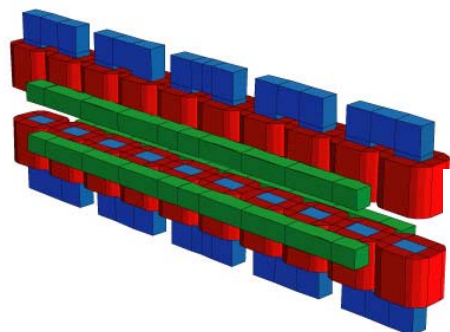
Horizontal
14.3 μm

ビーム径: 20um以下

観察対象物のサイズ
推奨: 数十um ~ 100nm

Beamline optics: BL17SU

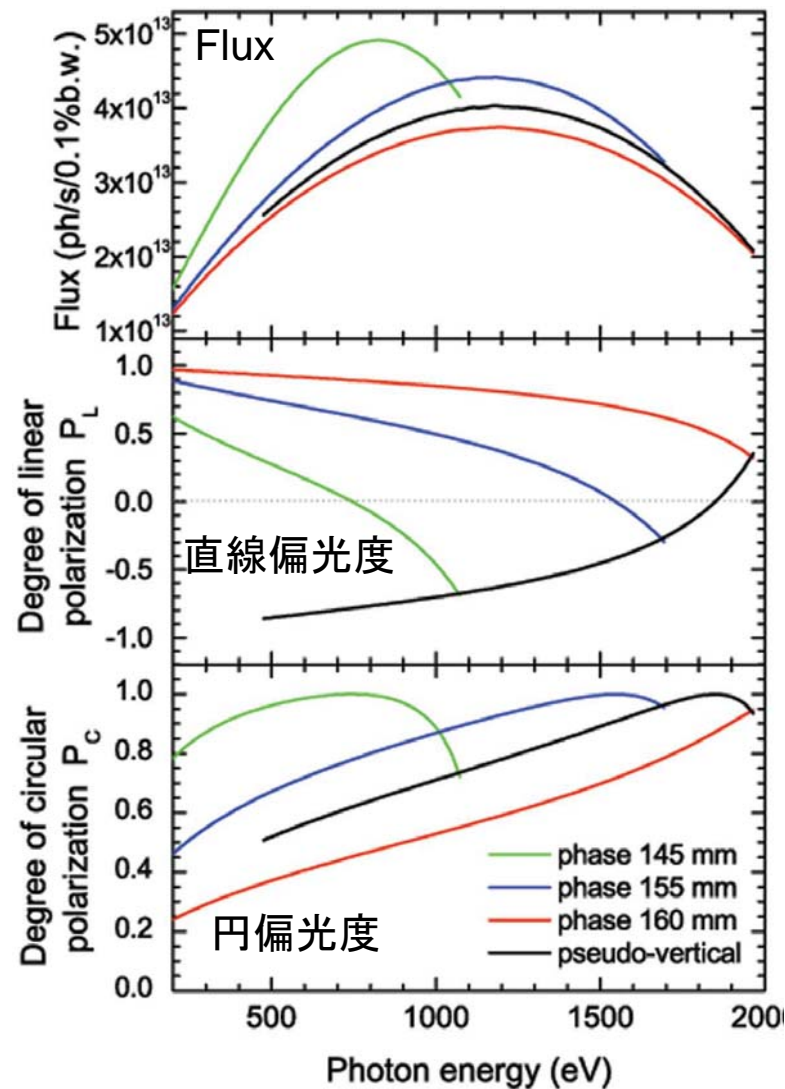
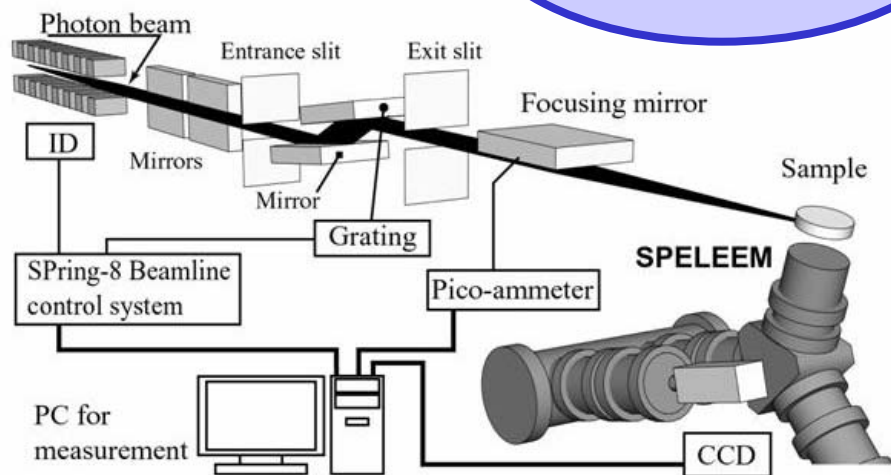
Multi Mode Undulator



Electromagnet Array

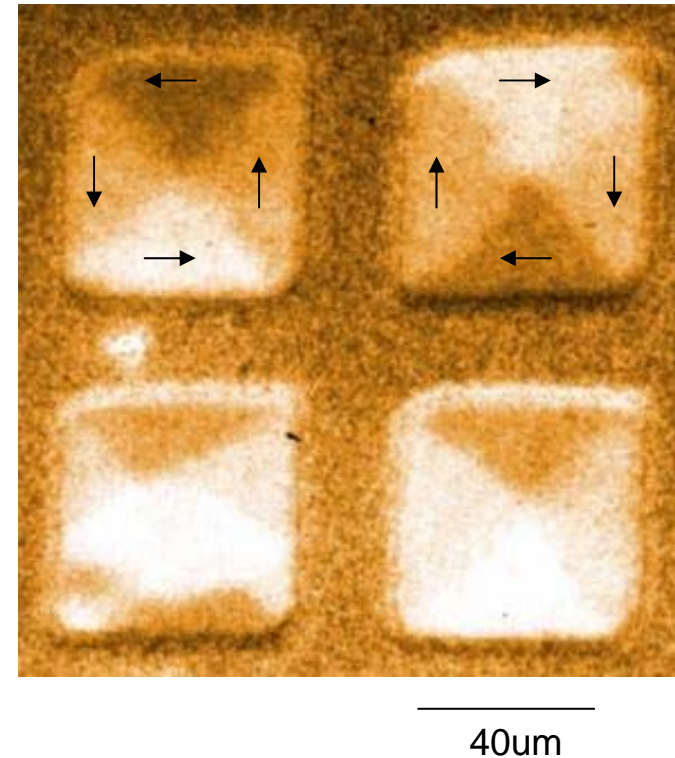
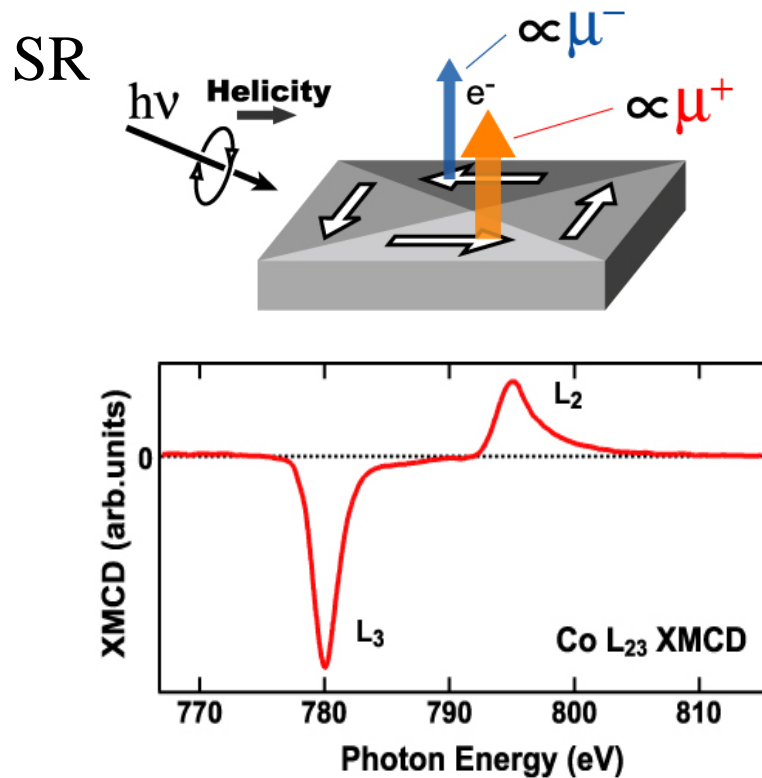
Parmanent Magnet Array

楕円偏光・直線偏光
軟X線の利用が可能



Energy range: 300 eV ~ 2000 eV

Magnetic Circular Dichroism (MCD)



Ch. Ziethen, O. Schmidt, G. H. Fecher, C. M. Schneider, G. Schönhense, R. Frömter, M. Seiderl, K. Grzelakowski, M. Merkel, D. Funnemann, W. Swiech, H. Gundlach, J. Kirschner; J. of Electr. Spectroscopy and Rel. Phenom. 88-91 (1998) 983

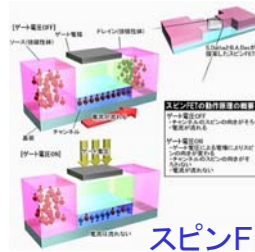
様々な系をターゲットに...

ナノテクから太陽系の起源まで...

表面界面科学
表面薄膜磁性
電子スピン物性
スピンバルブ

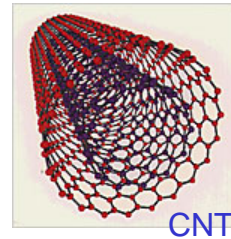


強磁性/反強磁性多層膜

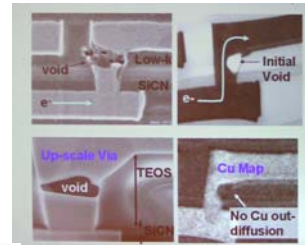


スピンFET

表面界面ダイナミクス
有機薄膜
カーボンナノチューブ
半導体

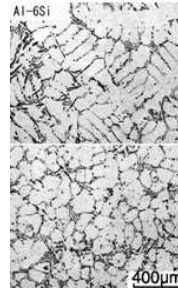


CNT

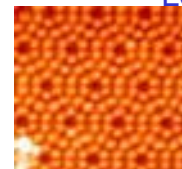


LSI細線

スピントロニクス材料
DRAM、細線、マイグレーション
鉄鋼材料
(ex. 鑄造合金、スピノーダル分解)

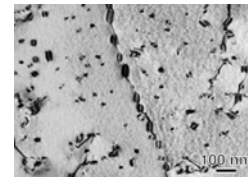


Al-Si合金



Si

TMR
触媒



Cu中に析出したFe

窯業(やきもの・染料)
生物、バクテリア(ex. 磁性細菌)
地球惑星科学(ex. 宇宙塵)



窯業



宇宙塵

大学

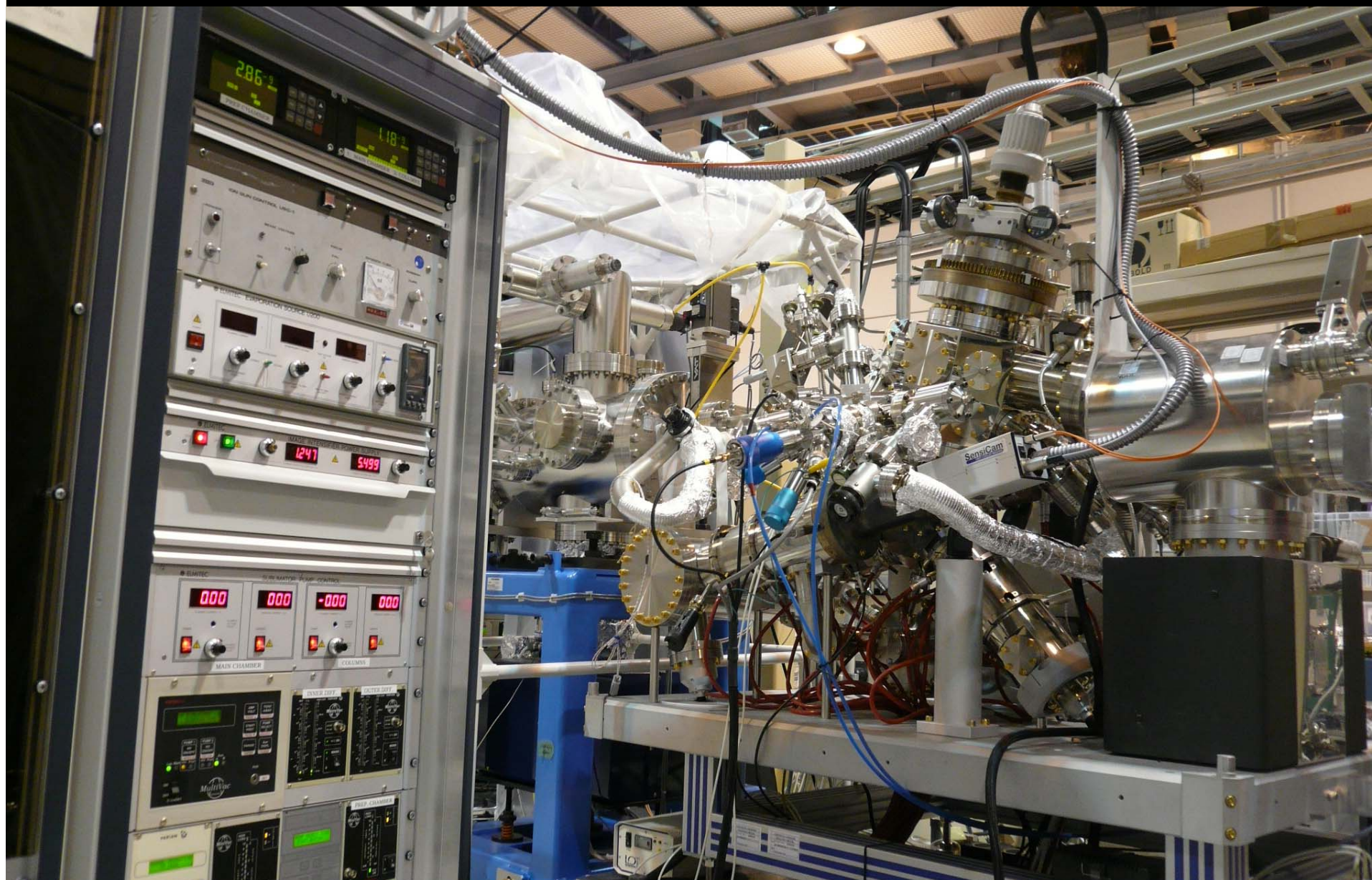
産業界

多様な試料の
取り扱い

基礎から応用まで

種々の材料の量子設計・
制御・信頼性の指針

SPELEEM @ SPring-8 BL17SU



Tool for nanotechnology and related research field(s)