

二次元表示型顕微 光電子回折分光装置 の開発 現状と展望

Development and prospect of two-dimensional display-type spectrometer for photoelectron diffraction spectroscopy from micro regions

奈良先端科学技術大学院大学

大門 寛

松井文彦

2011.03.08



奈良先端科学技術大学院大学
大門寛、松田博之、後藤謙太郎、
橋本美絵、酒井智香子、野尻秀夫、
北川哲、堀江理恵、松井文彦



JASRI/SPring-8
松下智裕



University of Debrecen
Tóth László

DELMA project members

ISSP

松田巖先生
山本達先生
藤澤正美先生
山本由紀美さん

JASRI/Spring-8

仙波泰徳先生

本研究は科研費（基板研究(S): 20224007）の助成を受けました

謝辞

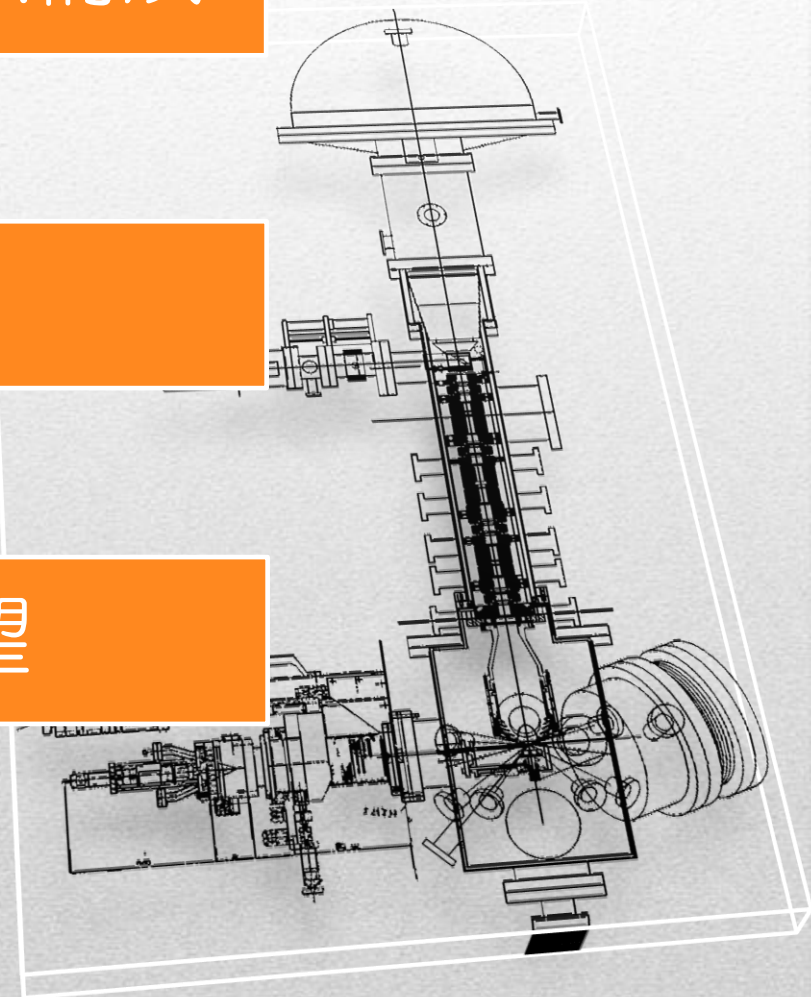


目的とシステム構成

到達点

課題と展望

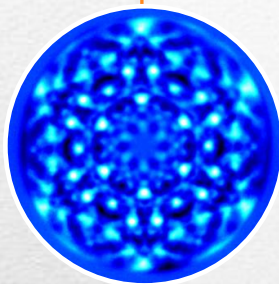
目次





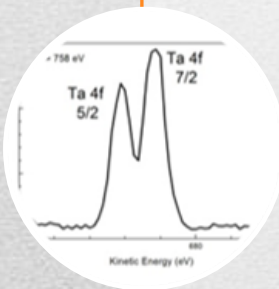
顕微

- 微小領域： 多結晶や濃度勾配
- 単一ドメイン： 双晶の情報分離
- 微小試料： 合成の困難な単結晶



回折

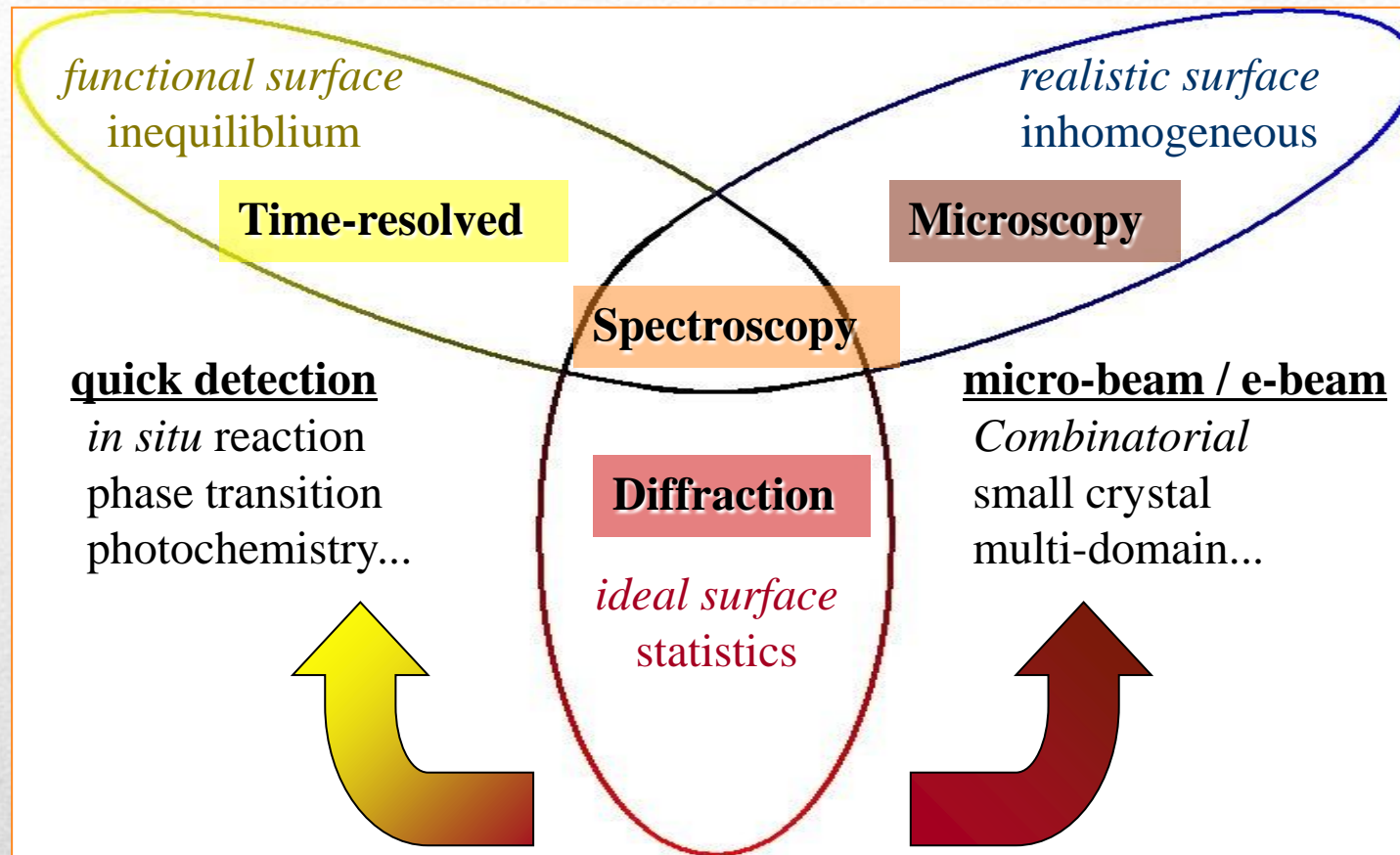
- 波数空間： 周期性・分散関係
- 原子配列： ホログラフィー・原子層分解
- 熱振動： 異方性・相転移



分光

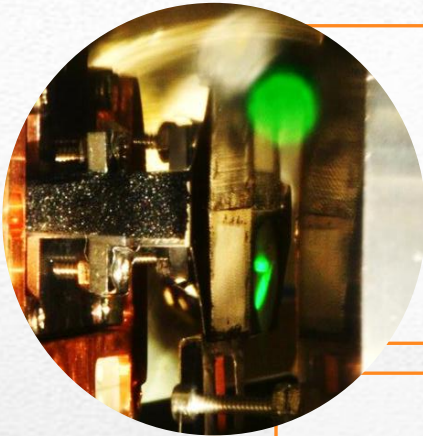
- 局所化学状態： core-level XPS
- 価電子・伝導帯： valence-band PES, XANES
- 磁気構造： XMCD

目標：顕微＋回折分光



試料の拡大像を観察し、調べたい微小領域に絞って
二次元光電子分光ができる顕微光電子分光装置

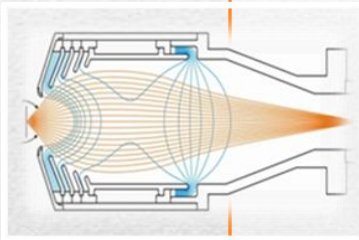
目標：顕微十回折分光



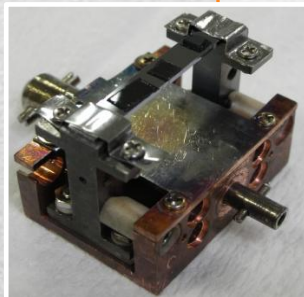
光源・電子線源+カメラ(位置モニタ)

- BL07LSU : 高輝度SX、可変偏光
- 電子銃 : LEED/AES、装置調整
- Cr K α X線源 : off-line HAXPES/HAXPED

分析器[DELMA]



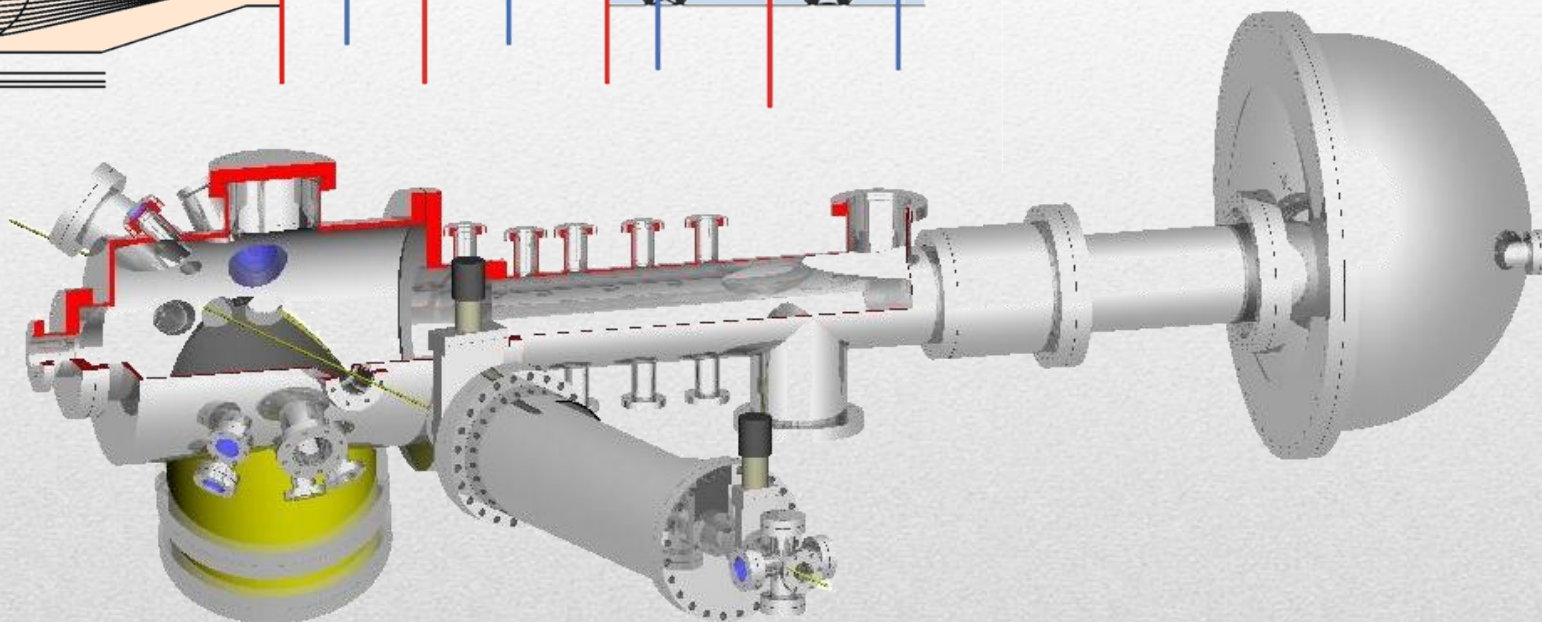
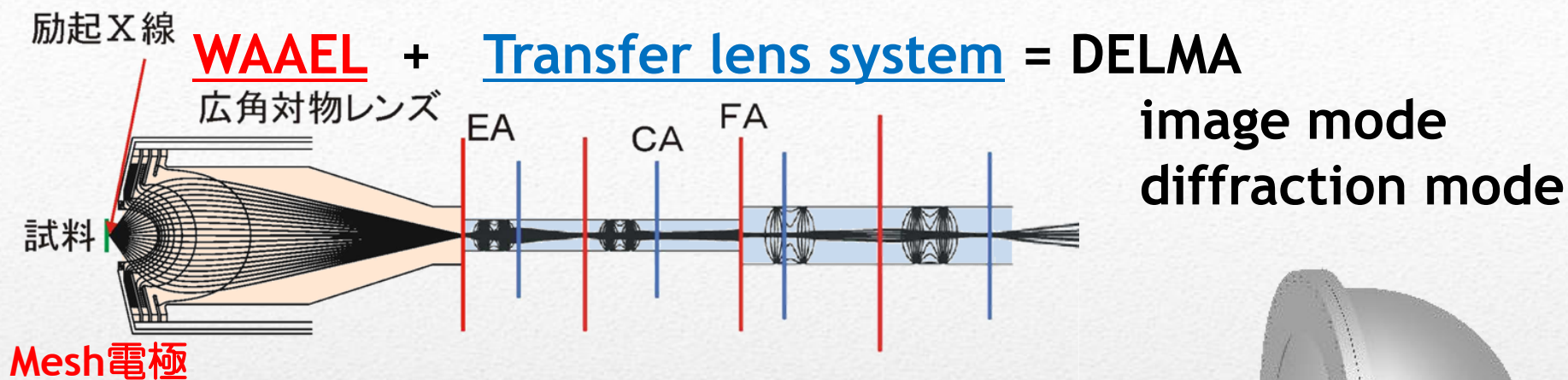
- WAAEL : 広い取込み立体角
- Transfer lens : イメージ・回折モード切替え
- SES R4000 : 高エネルギー分解能



周辺設備

- 試料導入槽 : 可搬試料ホルダ (6pin)
- 試料準備槽 : 蒸着源, RHEED, イオン銃
- 試料分析槽 : 5軸回転マニピュレータ

構成 : DELMA + SES R4000



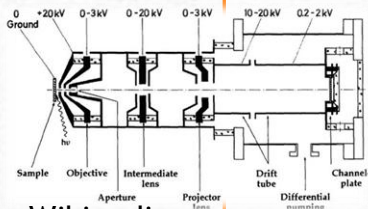
[1] H. Matsuda, et al., Phys. Rev. E, 71, 066503 (2005).

[2] H. Matsuda, et al., Phys. Rev. E, 75, 046402 (2007).

構成：DELMA+SES R4000

目的とシステム構成

NAIST Daimon Group

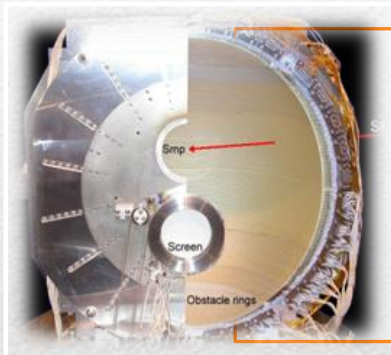


Wikipedia

PEEM/LEEM

- 高空間分解能
- 顕微分光複合測定
- 球面収差▼

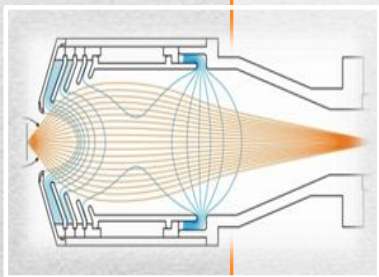
△30 nmの実空間リアルタイム観察
局所組成分析・電子磁気構造解析
高エネルギー領域で狭い取込み角



DIANA

- 広い取込み角
- 回折分光複合測定
- エネルギー分解能▼

光電子ホログラフィー・立体写真
サイト選択的電子・磁気構造解析
化学シフト、スピン軌道分裂：分解不能



DELMA+SCIENTA SES R4000

- 顕微回折分光複合測定
- 球面収差◎
- エネルギー分解能◎

何でもできる装置
広い取り込み立体角・倍率可変
高エネルギー分解能測定 可能

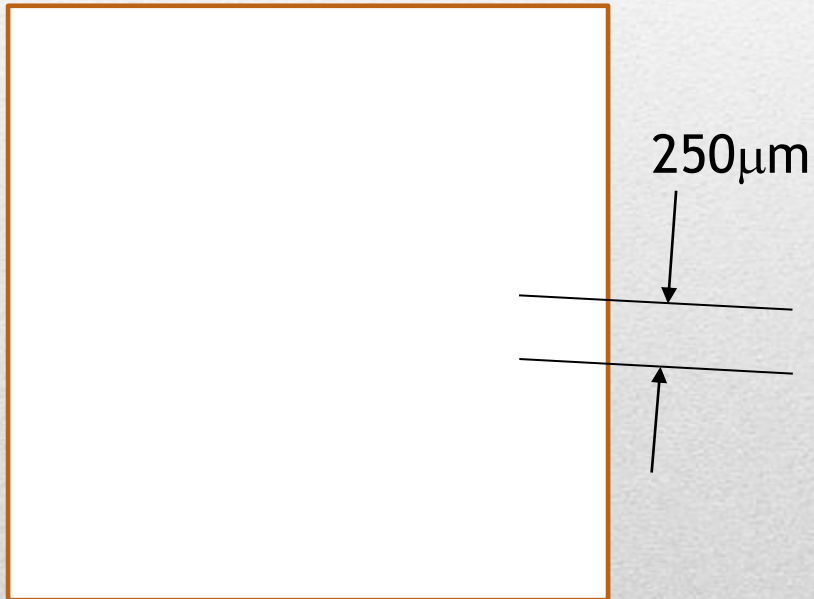
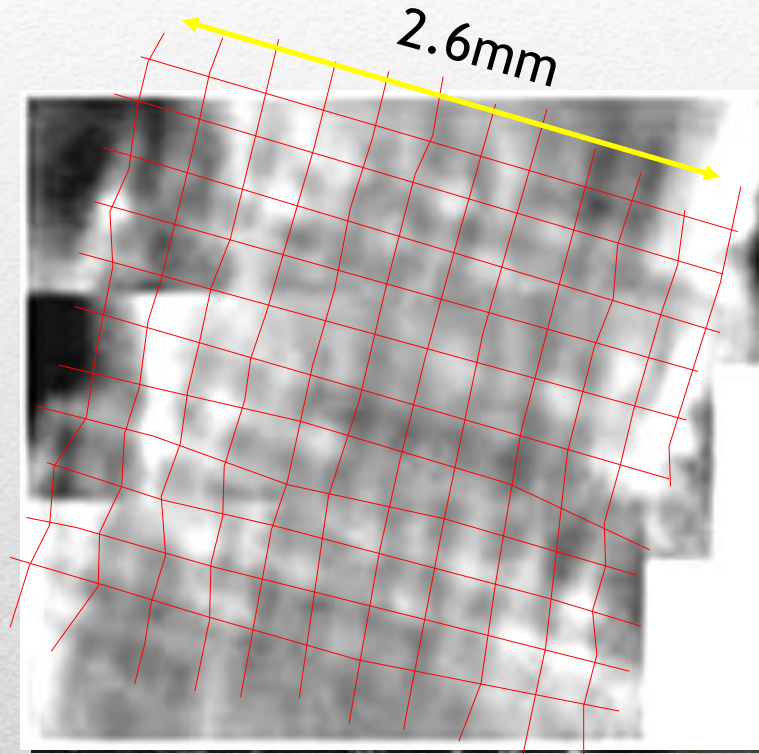
比較：種々のアプローチ

Sample: SUS316 woven mesh (#100, $\phi_{\text{wire}}=50 \mu\text{m}$)

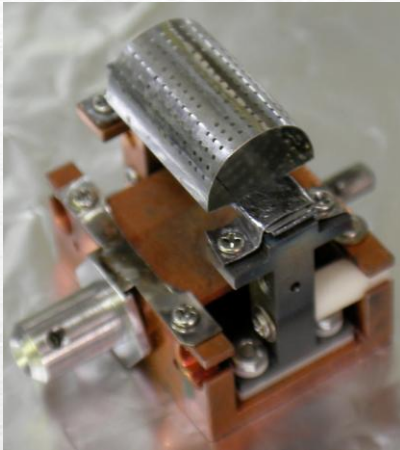
電子銃 $E_k=1000 \text{ eV}$

Magnification ~ 10

Synchrotron radiation
 $h\nu 708 \text{ eV Fe LMM}$



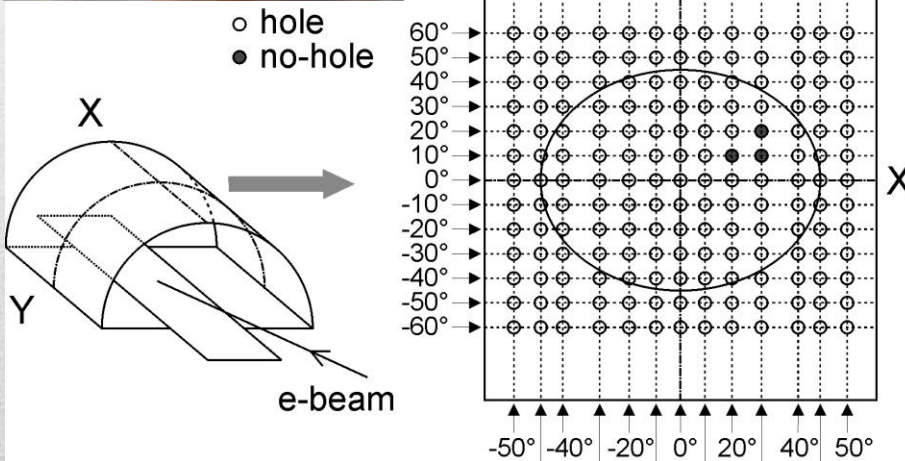
顕微：光電子顕微鏡像



Angle test device

SUS304

circular hole

 $\phi 0.4$ mm

回折：放出電子角度分布

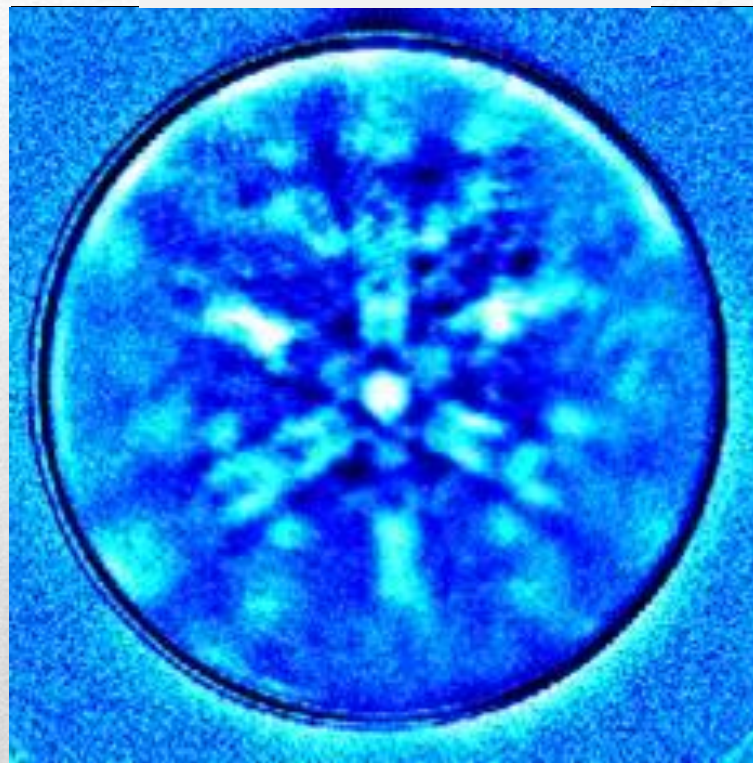
到達点

NAIST Daimon Group

Sample: Si(111)-7x7
 $h\nu=806$ eV
 $E_k=697$ eV (BL07LSU)



$h\nu=806$ eV
 $E_k=700$ eV (BL25SU)



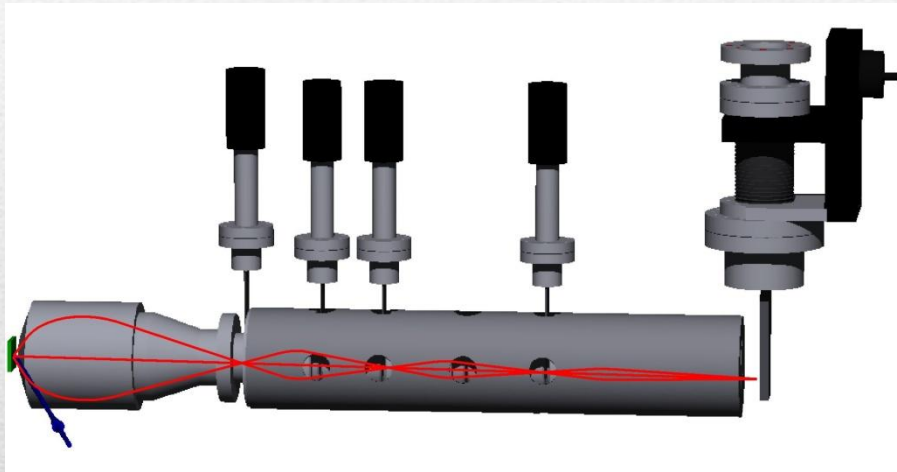
回折：光電子回折模様

Sample: SUS316 woven mesh

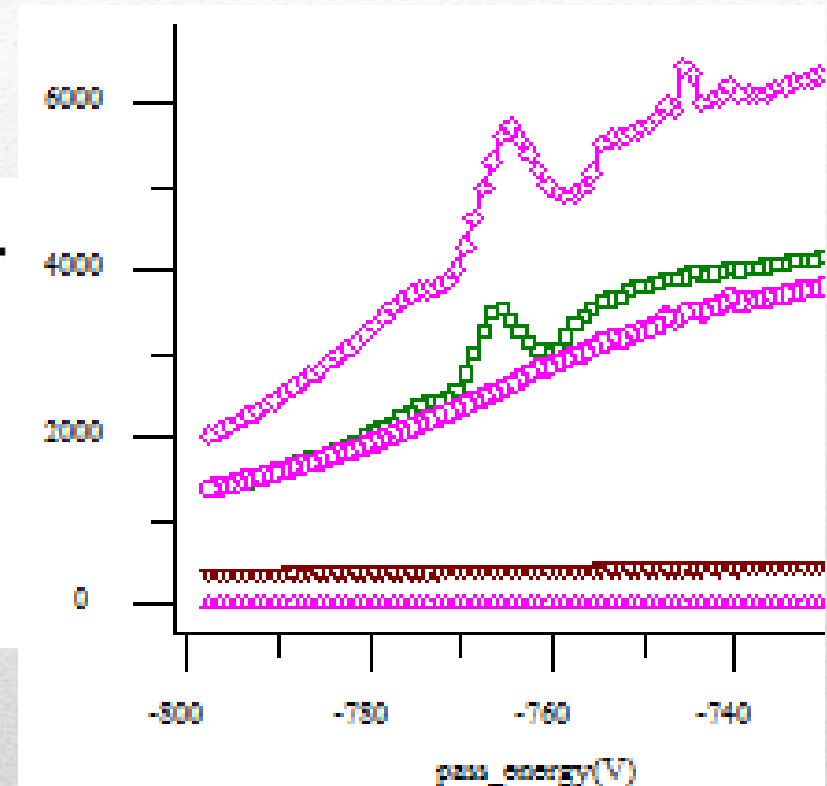
(#100, $\phi_{\text{wire}}=50 \mu\text{m}$)

$E_k=1000\text{eV}$

1.3 mm aperture



一次・散乱電子



分光 : using DELMA

到達点

NAIST Daimon Group

角度範囲と角度分解能

- ・ 取込み $\pm 45^\circ$: ほぼ設計値通り。
- ・ 歪み : レンズパラメータの調整
- ・ 分解能 $\sim \pm 1^\circ$: LEEDで今後評価実験

視野範囲と空間分解能

- 視野 ~ 1 mm : 倍率調整可能
- 分解能 ~ 20 μm : レンズパラメータの調整
- 位置合わせ : システム全体を二軸手動調整

エネルギー分解能と色収差

- apertureなし : pass energyの85%~70%以上透過
- apertureあり : DELMA0.4% at the best
- DELMA+SES R4000 : 0.2% achieved

現状の性能 : まとめ

装置設置

- 装置持込み作業： 水平軸だし・再現性
- 位置合わせ： 装置粗動・微調・振動除振
- そのほか： 真空度・電源環境・測定系更新

レンズパラメータ調整

- 角度分布歪み： 角度補正パターンが必要
- 倍率： テーブルと標準校正
- 透過率： エネルギー依存性の評価

高エネルギー分解×顕微・回折

- DELMA： apertureのパラメータ
- +SES R4000： 2D測定のパラメータ・自動化
- 光源との連携： XAFS/CFS-PES測定

追及目標と処方箋

EccentricなScience

- Nature, Science...
- 流行を追いかける： グラフェン、Li電池、レアメタル
- 初測定を狙う： 化学シフト分解光電子回折

EssentialなScience BL25SUからの発展

- 同一単一ドメインの原子構造・電子状態解析
- 回折分光法→内殻と価電子・伝導帯の共鳴測定
- サイト選択的な相互作用の時空間的構造

ExcellentなScience BL07LSUならではの

- 高性能光源： 高輝度・偏光切り替え・微小スポット
- 装置開発： 広角 × 高エネルギー分解能分析器
- 常設実験ステーション： 連携の可能性？

装置・手法開発と物理