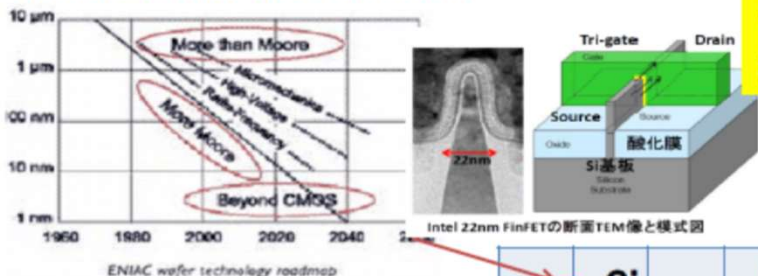


軟X線の特徴:なぜ軟X線光源が必要か?

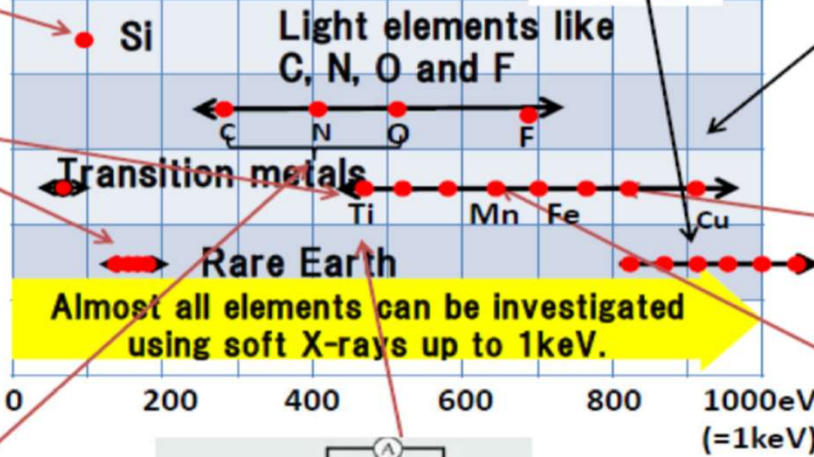
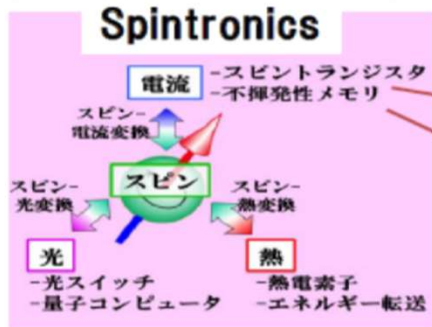
東京大学物性研究所 尾嶋正治

- ・エネルギー可変のX線:吸収端を利用した元素選択的解析・分析が可能
- ・硬X線(波長が格子間隔程度) ⇒ 原子の構造を解析(回折)
- ・軟X線(電子との相互作用が大きい) ⇒ 電子の構造を解析(分光)

Intel 22 nm Tri-Gate FET



創エネ・省エネ・蓄エネ・省資源の課題に向け、ナノ領域における新物性をナノビーム(~10nm)を使って解明し、グリーンデバイスの開発に貢献する。

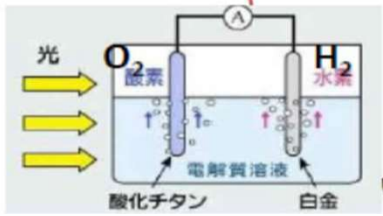
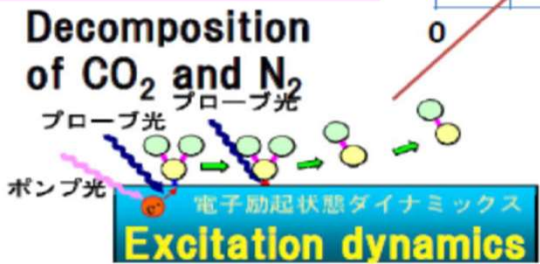


Strong magnet w/o precious metals

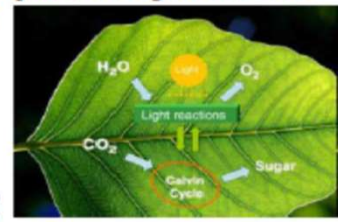
Superconductor

Enzyme reaction of proteins

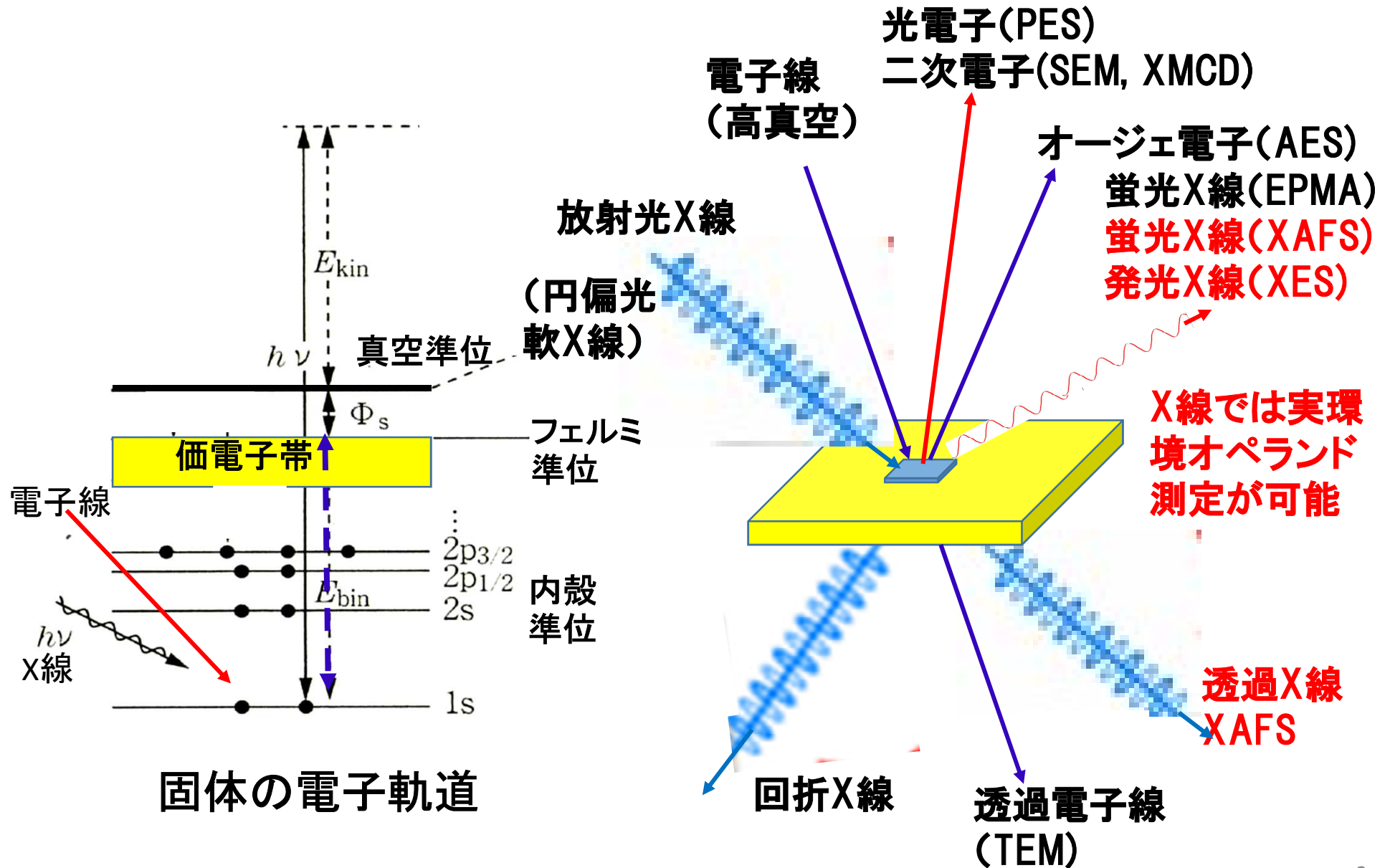
Artificial photosynthesis



Water splitting



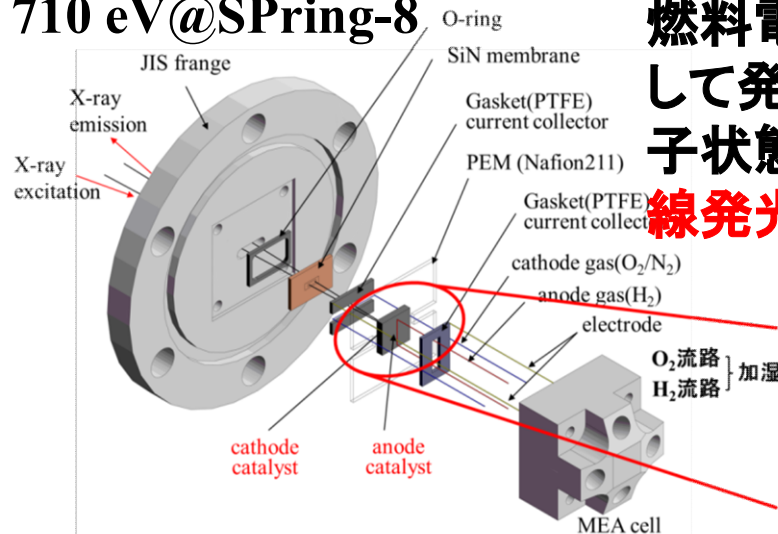
固体の結晶構造、化学組成、電子状態、磁気構造を調べる



動作中のオペランド観測：放射光と電顕の比較

応用物理学会 薄膜・表面物理講座「オペランド分光」基調講演尾嶋(2016年11月16日)@東大本郷

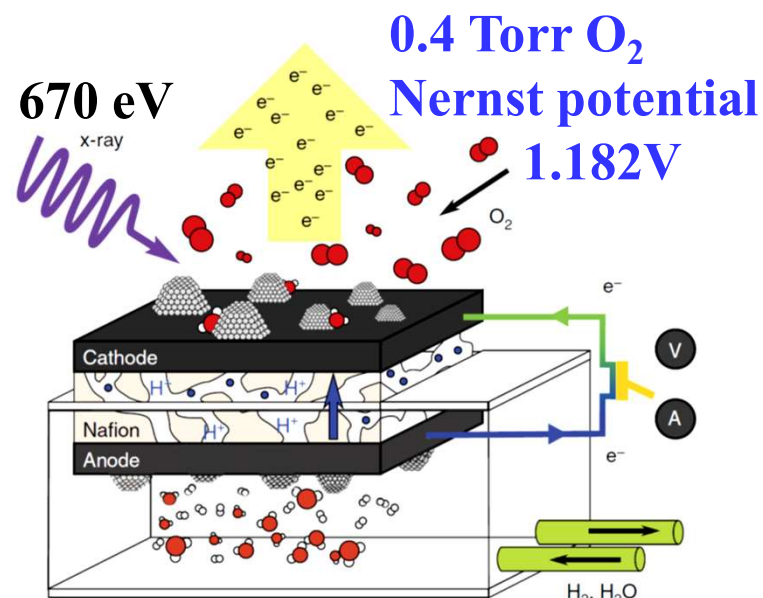
710 eV@SPring-8



燃料電池セルを工夫して発電中触媒の電子状態を高輝度軟X線発光分光で説明

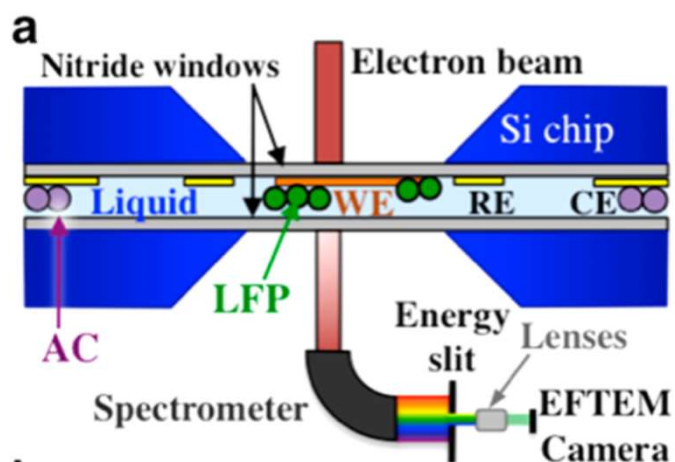
⇒ LIB充放電中解析にも適用

H. Niwa, MO *et al*, *Electrochem. Commun.* 35, 57 (2013).



燃料電池発電中Pt触媒表面上酸素の化学状態(電位によるPt-O,OH,OH-O,H2O変化)を軟X線光電子分光で説明

C.J. Casalogue *et al.*, *Nat. Commun.* 4, 2817 (2013).



STEM中に入れる液体フローセルを工夫。充放電中正極の局所オペランドEELS分光

M. E. Holtz *et al.*, *Nano Lett.* 14, 1453 (2014).

他の量子ビーム利用分析法との比較

尾嶋私見

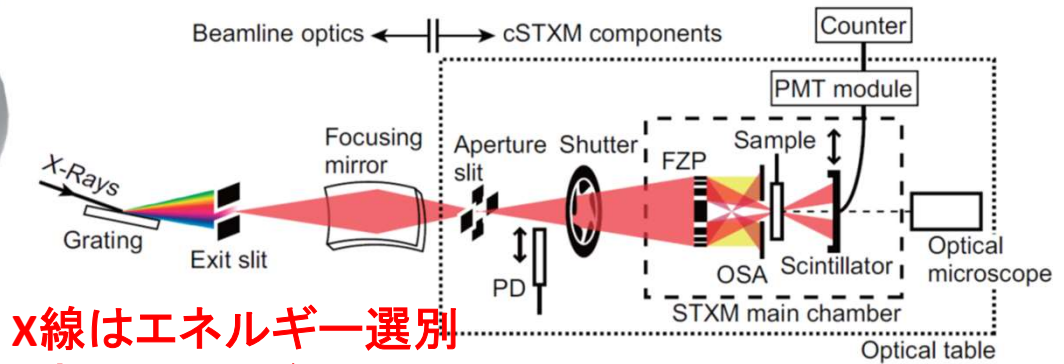
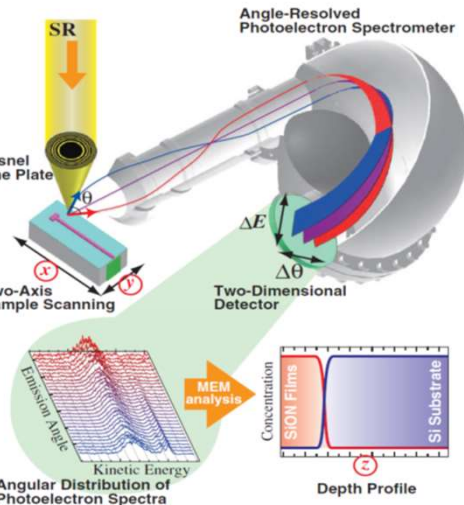
得られる情報	結晶構造解析	元素分析 定量分析	化学結合 状態	電子構造 バンド構造	磁気構造	微小部分析
軟X線 数10eV-数keV	○XAFS, 表面XD	◎軽元素 ◎遷移M	◎PES,X線 吸収XAS	◎ARPES, ARXES,XAS	◎円二色 性XMCD	○ FZP 数10nm
硬X線 数keV以上	◎X線回 折XD	△軽元素 ○遷移M	◎PES、XAS	○HAXPES, XAS	○ XMCD	○ KBミラー 数10nm
電子顕微鏡 TEM/STEM	◎軽元素 ◎重元素	◎ EDX	○ EELS	X	○ Lorentz 顕微鏡	◎ 0.1nm以下
オージェ電子 分光AES	△AE回 折AED	◎	○ 化学シフト	X	X	○ 30nm
二次イオン質 量分析法SIMS	X	◎	X	X	X	△TOF-SIMS 200nm
電子線マイク ロ分析EPMA	X	◎	△ 化学シフト	X	X	△ 1μm
SPM:STM/STS /AFM/MFM	△表面構 造	X	X	△ STS	○MFM、 スピンSTM	◎ 0.1nm
中性子散乱	◎ 水素可	X	X	△フォノン 分散関係	◎ 磁気散乱	X

EDX:エネルギー分散型X線分析、ARPES:角度分解光電子分光、ARXES:角度分解発光分光 4

軟X線顕微鏡と透過型電子顕微鏡

走査型軟X線光電子顕微鏡SPEM @SPring-8

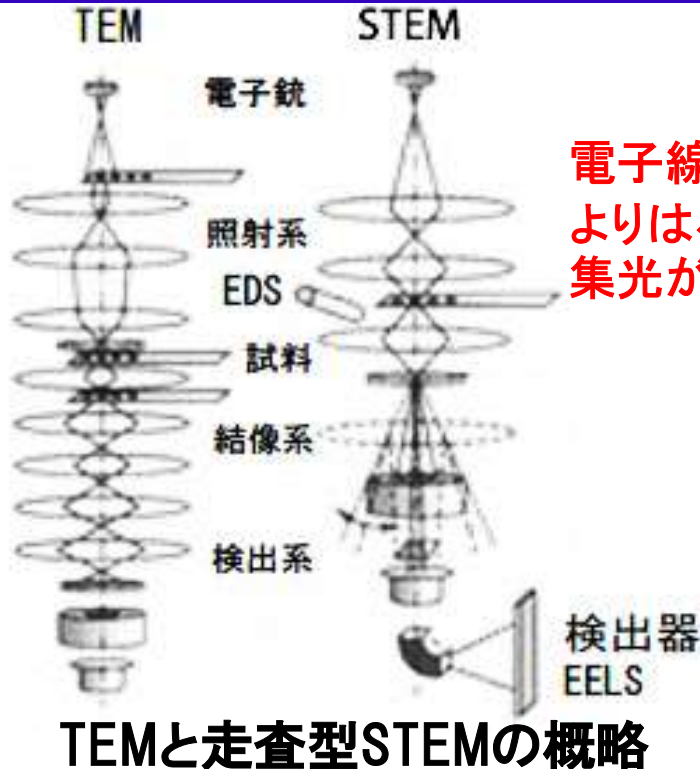
K. Horiba, MO *et al.*, RSI 82, 113701(2011)



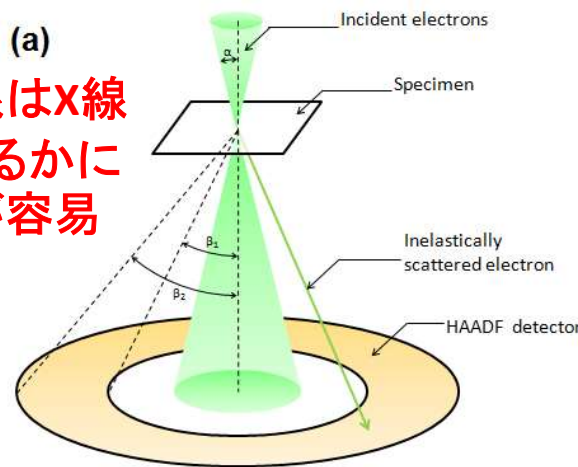
X線はエネルギー選別 (高分解能)が容易

Takeichi, Rev. Sci. Instrum (2016).

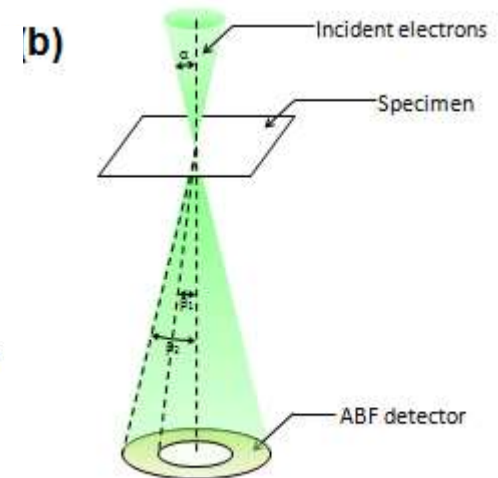
走査型軟X線顕微鏡STXM@PF



電子線はX線よりはるかに集光が容易



重元素
高角環状暗視野法 (HAADF)



軽元素
環状明視野法 (ABF)

JEOL-HP

表面微小部分分析法の比較:空間分解能

文部科学省先端計測分析技術に関する俯瞰報告

