

図2

4. 重元素科学ビームライン (BL23SU)

4-1. ビームラインの概要

BL23SUは可変偏光アンジュレータAPPLE2を光源とし、不等間隔平面回折格子型分光器を採用した軟X線ビームラインである^[12]。エネルギー領域は概ね500eVから1.8keV、分解能は $E < 1\text{keV}$ で $E/\Delta E > 6000$ 程度で運用されている。

アウトバキューム型挿入光源であるBL23SU-APPLE2の真空チャンパーは、ストレージリングのコミッショニング時に設置されたため、当初は挿入光源磁石列の最小ギャップ距離が36mmに制限されていた。このため円偏光使用時の低エネルギー側のファーストハーモニックピークは500eV程度であった。最小ギャップをより小さくして300eV近くまでをファーストハーモニックでカバーするために、新しい真空チャンパーを製作して、2000年12月から1月の冬期停止期間中に据付を行った。新しい真空チャンパーは内寸15mm、外寸19mmでギャップ距離を最小25mmまで変えることができる。放射パワーも増大するため、放射線安全管理申請などの手続きが完了した後に、実際の低エネルギーでの運用を行う。

研究テーマは、表面化学、生物学、固体物性、光物性など多岐に渡っている。また、2000A年からJASRI共同利用の受け入れも開始され、2000ABで合計5課題・65シフトが採択された。

4-2. 半導体表面の化学反応ダイナミクスの研究

表面化学ステーションでは、固体表面特に半導体表面で生じる化学反応ダイナミクスを調べることを主たる目的としている。これは超音速分子線源を放射光ビームラインに接続することにより、高分解能放射光を利用した光電子分光測定が可能であり、世界にもほとんど例を見ない特色ある装置である。これまでにシリコンの酸化反応過程のメカニズム解明に向けて、超音速酸素分子線により表面化学反応を制御し、その反応過程をリアルタイムで「その場」観察することに成功した。一例として、Si(001)表面での O_2 分子の解離吸着における並進運動エネルギーの効果を測定

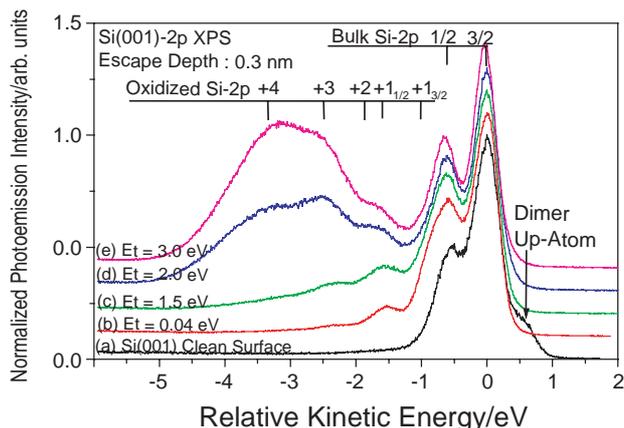


図3 Si-2p光電子スペクトルの O_2 並進運動エネルギー(Et)依存性 (a)Si(001)清浄表面、(b) O_2 ガスによる飽和吸着面、(c)Et=1.5eV時の酸素飽和吸着面、(d)Et=2.0eV時の酸素飽和吸着面、(e)Et=3.0eV時の酸素飽和吸着面

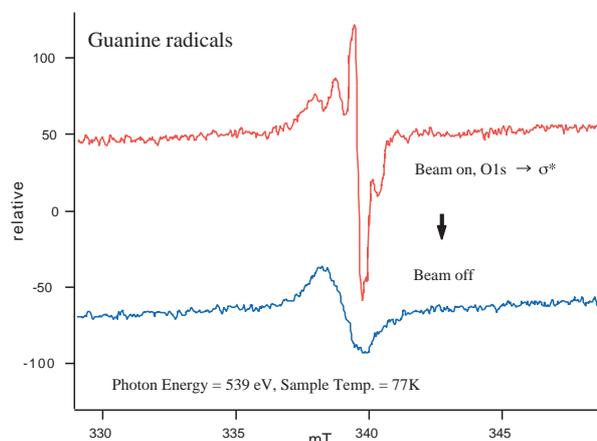


図4

した結果を示す(図3)。これらの実験から、並進運動エネルギーに依存したサブオキサイド^[13]や SiO 熱脱離速度^[14]の並進運動エネルギー依存性が明らかになってきた。本ステーションでは、他にも外部機関の研究者との協同研究を進めながら、固体表面と気体分子の化学反応のメカニズムを解明し、それらの知見を基にナノテクノロジーの発展に貢献していく。

4-3. 生体分子の光化学変化

生物ステーションでは、突然変異などの原因となるDNAなどの生体分子の光化学変化を調べることを主たる目的としている。これまでDNA及びその関連分子の内殻共鳴励起による分子変化の実体の解明に向けて、電子常磁性共鳴法による光誘発ラジカル測定装置(SLEEPRS)^[15]の開発が行われてきた。放射光ビームラインに直結したESR装置は世界でも初めての試みであり、短寿命のラジカルがin situ観測できる。一例としてDNA構成塩基の一つであるguanineの、 $\text{O}1s$ σ^* 共鳴励起により得られたESRスペクトルを図4に示した。通常の硬X線照射によっても

生成する安定ラジカルに加えて、軟X線ビーム照射中のみ現れる共鳴励起に由来するスペクトルが観測された。本ステーションでは、他にも外部研究者と共同でキラル分子であるアミノ酸に対するXNCD測定も試みている。

4-4. 可変偏光アンジュレータの高速位相変調を用いた高分解能円二色性実験

BL23SUの特色の一つである高速円偏光切り替えを用いた位相変調実験を行うため、挿入光源、分光器、データ計測などを同期させた測定系を立ち上げ、高分解能円二色性実験を進めている^[16]。挿入光源の磁石列の位相駆動は、放射光蓄積リング内の電子ビーム軌道に乱れを引き起こすので高度な軌道変動補正が必要となる。この軌道変動補正のために、挿入光源の上流及び下流に設置された補正電磁石に適切な励磁量を与える二次元補正テーブルを作成している。このような精密な軌道補正をして挿入光源による位相変調を行っている例は世界でも類を見ない。測定の一例としてマグネタイトに磁場を印加して測定したFe L吸収端スペクトルを示す(図5)。MCDスペクトル上の丸で囲まれた部分に見られるように、非常に精密で高分解能の測定が達成されていることが分かる。これは分光器の高分解能化だけでなく、アンジュレータの位相駆動の貢献が大きい。偏光度の定量測定や偏光変調時の偏光度の再現性など今後明らかにすべき課題も多いが、これらを解決しながら

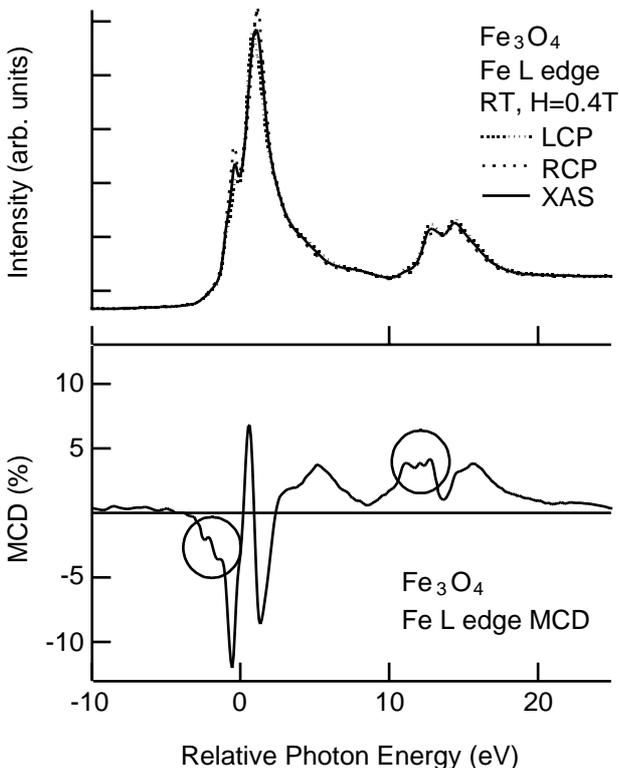


図5

円二色性実験の新たな展開に貢献していく。

5. 量子構造物性ビームライン (BL22XU) の建設計画

新たなビームラインの建設目的を要約すると次の二点になる。

アクチノイドやランタノイド系を対象とした共鳴磁気散乱あるいは磁気吸収実験の実施

既存の原研ビームラインにおけるビームタイム不足の緩和

最初の目的に関連してはウランUのM5吸収端が約3.5keVであるなど、比較的低エネルギーまでのX線領域をカバーする必要がある。またUなどの国際規制物質や超ウラン元素を研究対象とするために、RI棟へビームラインを導入しなければならない。二番目の目的については現在BL11XUにある高温高压発生装置を新ビームラインに移設して、高压実験に関するビームタイムの増加と、BL11XUにおける核共鳴散乱、非弾性散乱、表面回折等の研究の強化を狙う。高温高压実験では50~70keVのX線が要求される。

光源には磁石周期長38mmの真空封止X線アンジュレータを採用し、1次光で3~10数keV、11~15次光で50~70keVを利用する。RI棟に導入可能な挿入光源ビームラインであるために、建設場所はBL22XUに決定した。

主要光学系として低エネルギー域、高エネルギー域それぞれに専用の二結晶分光器を備えるほか、集光系も30keV以下では平面ベントとサジタルを組み合わせた全反射ミラーを、高エネルギー域ではベリリウム屈折レンズを採用する。

遮蔽ハッチの構成は、蓄積リング実験ホールに光学ハッチ、実験ハッチ1、実験ハッチ2を設置する。光学ハッチと実験ハッチ1の間は分離型で、実験ハッチ1は主に高压実験のために用いる。実験ハッチ2の中には全反射ミラーが置かれ、実験ハッチ3の中での集光を実現する。実験ハッチ3はRI棟の中に設置され、アクチノイド等を対象にした実験を行う。

非密封放射性試料の利用を想定するため、特に真空排気系に注意をはらう。X線ビームラインではあるが、高速ゲートバルブや音響遅延管を複数箇所挿入するなどの対策を行う。

(小西 啓之)

参考文献

- [1] 水木、小西、他：日本結晶学会誌、**42** (2000) 68.
- [2] M. Takahashi, J. Mizuki : J. Synchrotron Rad. **5** (1998) 893.
- [3] M. Takahashi, Y. Hayashi, J. Mizuki, K. Tamura, T. Kondo, H. Naohara, K. Uosaki : Surface Science **461** (2000) 213.
- [4] H. Ohno, S. Kohara, N. Umesaki, K. Suzuya : Journal of Non-Crystalline Solids (2001) in press
- [5] 塩飽、三井、他：SPring-8利用者情報、Vol.3, No.6