

卒研題目: FT-IR による多価イオン照射固体表面の物性変化 (1)装置の組み立て

山田研究室 0313043 佐藤 崇文

1. 背景及び目的

多価イオンとは、電離の進んだ高価数イオンのことで、あらゆる粒子の中でも最も反応性に富む粒子である。ふつう地球上に存在しないが、実験室プラズマや天体の中には多数存在している。内部エネルギー(イオン化エネルギーの総和)が大きいため、多価イオンが固体表面に衝突した際には、固体表面の電子状態やその幾何学的構造に大きな影響を及ぼす。本研究室では、多価イオンの物質へ与える大きな相互作用の効果を系統的に研究している。これらを研究することは、原子過程科学の新しい領域を開拓することにつながり、物質科学の発展に大きく寄与する。ここでは、多価イオン照射後の気体分子の吸着性を調べる。一般に分子の振動遷移は赤外光に対応しているので、吸着性は吸着分子の赤外吸収スペクトルで観測する。本研究では、フーリエ赤外分光器(FT-IR : Fourier-transform infrared spectroscopy)によって実験を行う。また、多価イオン照射前によく定義された清浄表面を確認するために低速電子回折(LEED : Low Energy Electron Diffraction)を用いる。そのための装置を組み立てた(図1)。

2. 実験装置

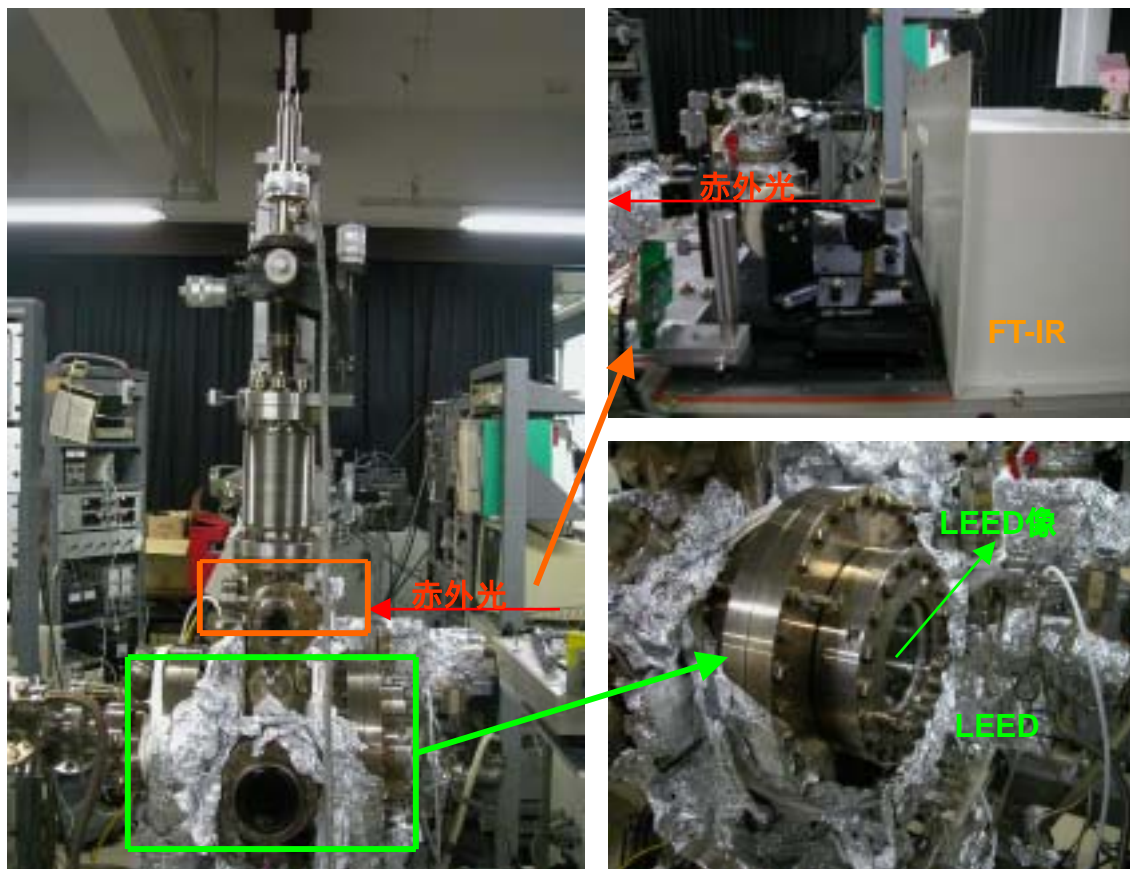


図1:実験装置

(i) z 軸可動機構

既存のマニピレーターでは FT-IR、LEED の実験を同時に行うことが出来ないため、清浄表面確認後、赤外吸収スペクトルを確認することが出来ない。そこで同時に実験が出来るように、z 軸可動距離を調整した機構を設計した(図 2)。

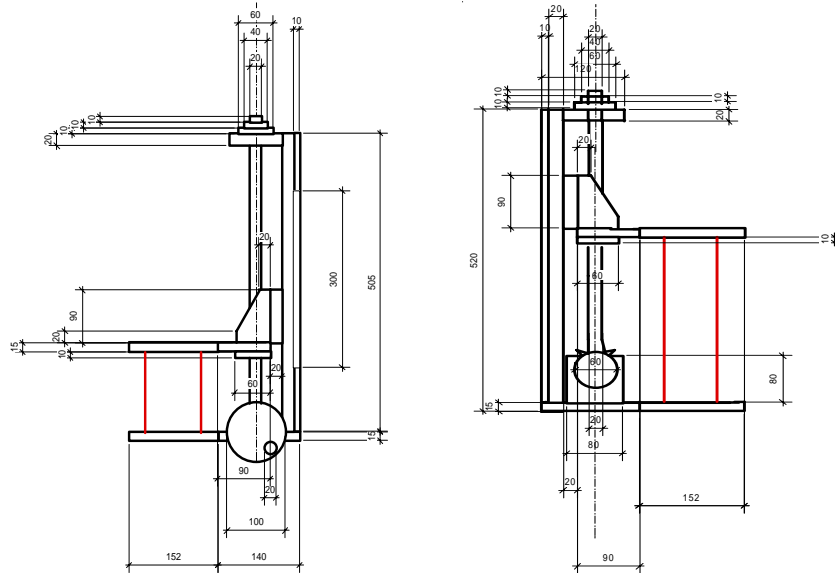


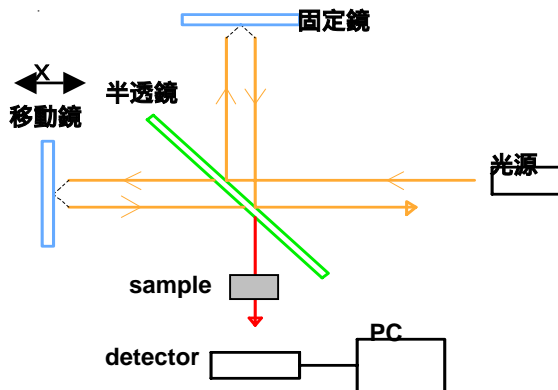
図2: z軸可動機構設計図

(ii) 超高真空

超高真空とは 10^{-10} Torr 以下の真空度のことを言う。超高真空が必要とされる理由は、表面に対する残留気体の衝突量を減らして、サンプル清浄表面を長時間にわたって維持するためである。そのための排気装置として、ロータリーポンプ、ターボ分子ポンプ、イオンポンプを組み合わせ使った。また装置内の水分を除去するために、ベーキングを 10 時間程度行った。結果、 10^{-11} Torr の真空度を得ることに成功した。

(iii) FT-IR

FT-IR は一方の腕に可動鏡を備えたマイケルソン干渉計が用いられている(図 3)。



光源から出た光は半透鏡で二つの光束に分割される。この二つの光束は平面鏡で反射されて半透鏡に戻り、半透鏡によりふたたび合成され、干渉を起こす。

図3: マイケルソン干渉計

・移動鏡の距離と赤外線強度の関係

光路差を x とした時、波数 ν の赤外線強度は

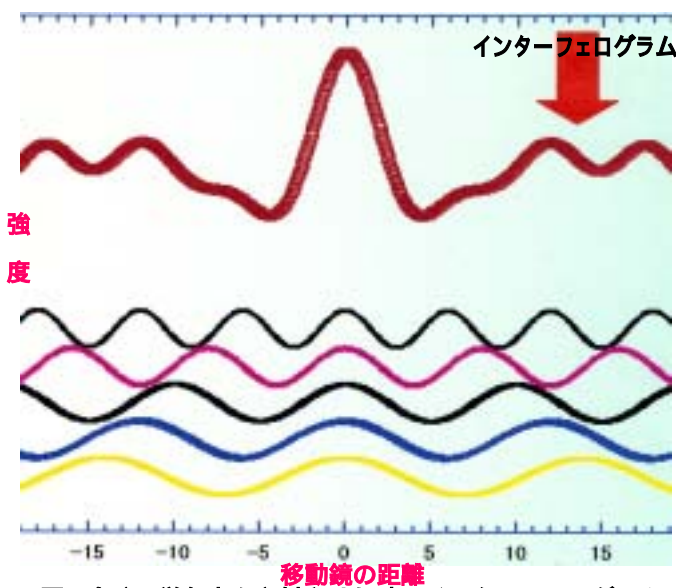
$$I = A(1 + \cos 2\pi \nu x)$$

と表される。これにスペクトル強度 $B(\nu)$ をかけて波数 ν (0~) で積分したものが検出器で得られるインターフェログラム(図4)である。

$$F(x) = \int B(\nu) \cos 2\pi \nu x d\nu$$

したがってこのインターフェログラムをフーリエ変換することにより、スペクトルを得る。

$$B(\nu) = \int F(x) \cos 2\pi \nu x dx$$



$x=0$ ではどの波数の光も同位相で干渉しているために大きな強度を示し、 x が 0 から離れるにつれて各波数の光がさまざまな位相で干渉することになるので、インターフェログラムは波打ちながら急激に小さくなっていく形をしている。したがって、種々の周波数をもつ余弦波の重ね合わせとなる。

図4:多くの単色光を入射させた時のインターフェログラム

引用 FT-IR講習会 資料

() LEED

LEED 法は、数十から数百 eV の低エネルギー電子を物質の表面に入射させ、電子の表面原子による回折を利用して表面の原子構造を観測する方法である(図5)。LEED で用いられる電子は、典型的な結晶における原子間隔と同程度の波長(100eV の時 1.2 nm)をもつ。したがって入射電子は表面を構成する原子を回折格子として回折像を作る。

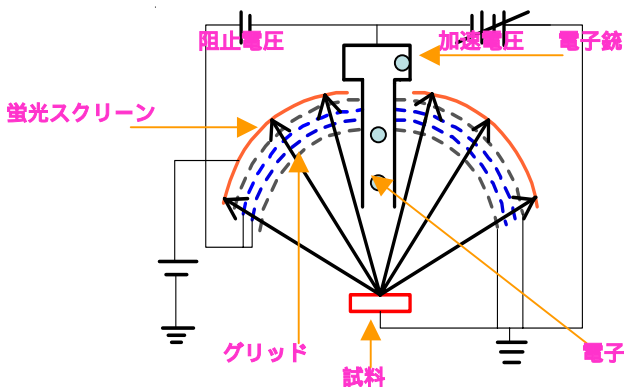


図5:LEED測定装置

試料と試料に最も近いグリッドはフリースペースを作るためにアースされる。蛍光スクリーンには蛍光体を光らせるためにグリッドに対して正の電圧がかけられる。非弾性散乱された電子は LEED 像に強いバックグラウンドを形成するため、阻止電圧をかけて除去する。そして、回折格子の条件で電子は回折像を作る。

3. 動作確認

(i) FT-IR

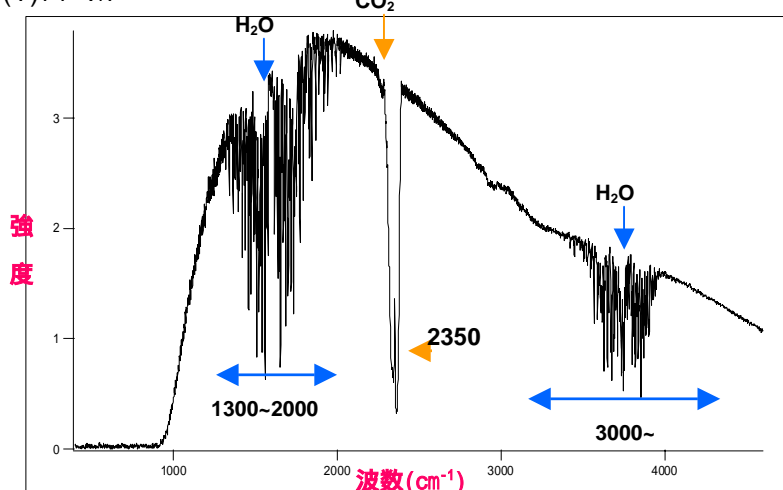
赤外光は真空中だけでなく、空気中も通っているため、 H_2O 及び CO_2 の吸収スペクトルを確認出来ることが予測される。そこで FT-IR の動作確認として、 H_2O 及び CO_2 の吸収スペクトルの確認を行う。

(ii) LEED

試料の清浄表面を観察する。具体的には試料には Si(100)、環境として真空度は 1×10^{-9} Torr、清浄方法としてフラッシング(1250 で通電加熱)を行う。Si の清浄表面(2×1)構造を観察する。

・結果

(i) FT-IR



H_2O は波数 1300 ~ 2000(変角振動)及び 3000 ~ (対称・非対称伸縮振動)、 CO_2 は波数 2350(非対称伸縮振動)で強い吸収を示すことが知られている。よって FT-IR が正常に動作していることが確認できた。

図6:バックグラウンドの吸収スペクトル

(ii) LEED

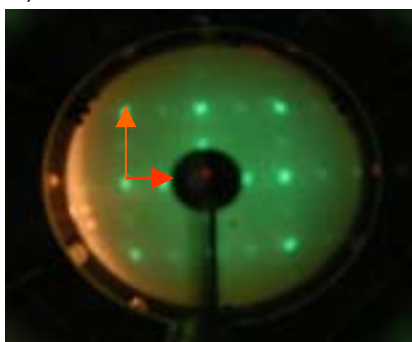


図7:Si(100)のLEED像

加速電圧 50eV(電子の波長 1.2)で LEED 実験を行った。図 7 を見てわかるように(2×1)構造を観測した。Si の清浄表面を観察できたので、LEED が正常に動作していることが確認できた。

4. まとめ

- ・ FT-IR、LEED 共に動作確認が出来た。
- ・ 多価イオン照射に向けて装置が完成した。