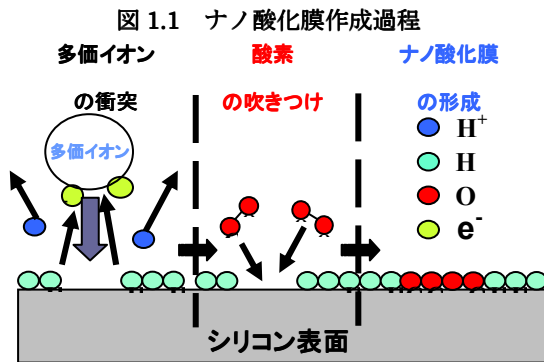


水素終端シリコンと多価イオンとの相互作用 (2)

山田千樫研究室 B4 小松 明浩

1.背景及び目的

研究室にて多価イオンと固体表面の相互作用についての研究が行われている。その一環として多価イオンと水素終端シリコンの相互作用の研究を行っている。そのため、試料である水素終端シリコンを作成し、多価イオンを照射し、ナノ領域で水素を引き剥がす。その後、酸素を噴きつけ、ナノ酸化膜持つ水素終端シリコンを作成す (図 1.1)。

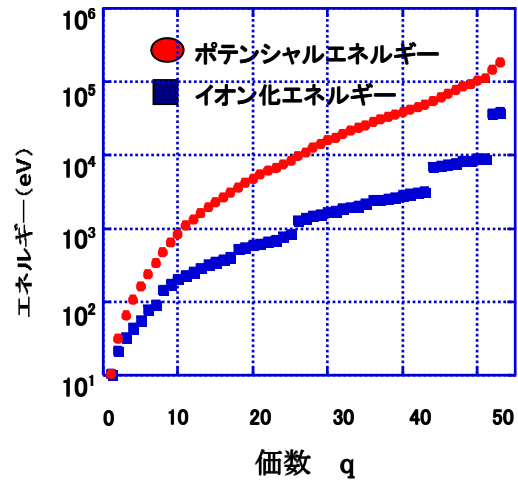


2.多価イオンとは

一般に 2 価以上の正負のイオンを多価イオンと言う。我々の研究室で扱っている多価イオンは 20~80 価程度に高度に電離したイオンである。高電離したイオンは膨大なポテンシャルエネルギーを持つ、ヨウ素の多価イオンの価数とエネルギーの関係の図 2.1 を示す。図 2.1 から見て明らかのように価数があがるにつれて、ポテンシャルエネルギーが膨大になっていくのが分かる。そのため、多価イオンは電子に対してブラックホールのように振る舞い、近くから電子をとるかまわず電子を引き抜こう

とする。

図2.1. ヨウ素の価数とエネルギーの関係



3.原理

(i) 水素終端の作成法及び確認

Si(111)面に水素終端を行う。まずシリコンを清浄表面化する。真空度 10^{-9} Torr 以下でシリコン基盤を約 600°C で 15 時間通電加熱した後、約 1000°C に数回加熱し、表面上の酸化膜を蒸発させる。約 900°C ~ 室温まで毎秒 2°C 未満の速度で行い清浄表面を露出させる。

次に水素ガスを約 1500 度に加熱し原子化させ、シリコン基盤に吹き付け、シリコンのダングリングボンドを水素終端させる。また、FTIRを用いて、水素終端結合に特有な振動スペクトル (2100cm^{-1}) を観測する。

(ii) FT-IR

(Fourier Transform InfraRed Spectroscopy)

フーリエ変換赤外分光法と呼ばれ、マイケルソンの干渉計を用い、干渉波を試料に照射する。この干渉波は赤外光源で連続波あり、また干渉計内の可動鏡による干渉のため図 3.1 のような干渉パターンである。

試料にこの干渉波を反射させると、表面上の原子や分子が固有の振動をするため、赤外線吸収が起こり、対応する波長の干渉成分が減少する。

それをコンピュータでフーリエ変換をして、図 3.2 のような周波数の関数としての吸収スペクトルが得られる。これにより表面原子(分子)を同定する。

図 3.1 干渉計からの干渉波形

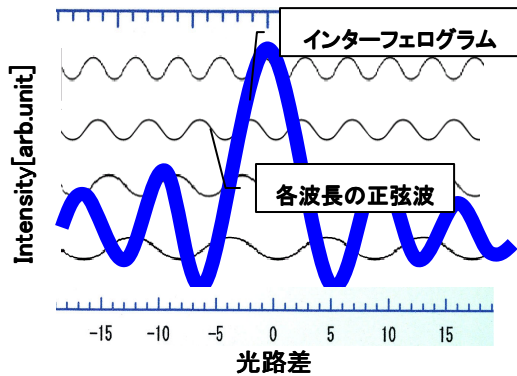
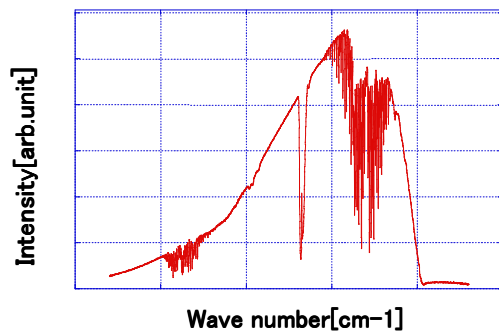


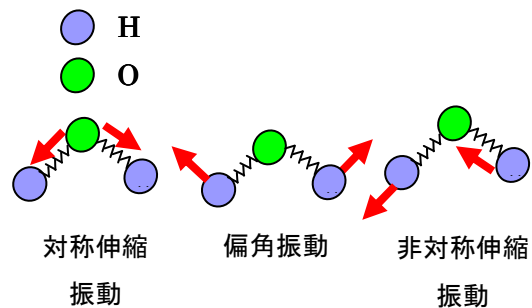
図 3.2 吸収スペクトル



(iii) 表面原子(分子)の赤外線吸収

赤外線吸収は図 3.3 のような分子振動に伴って双極子モーメントが変化する時に起こる。また、酸素分子や水素分子の場合、分子間の電子密度の偏りがないため、双極子モーメントはない、そのため分子が伸縮振動をしても赤外線吸収は起こらない。

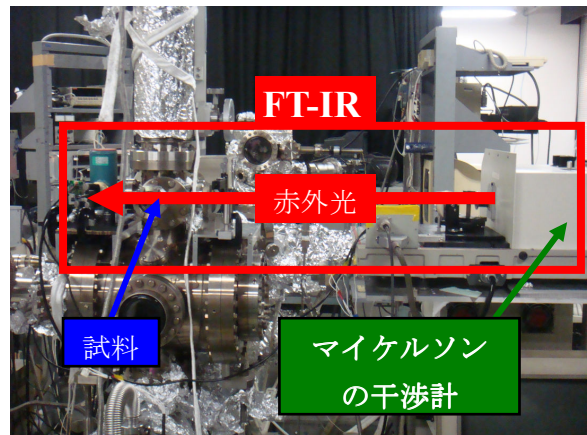
図 3.3 水の振動



4. 測定装置及び実験方法

- ・作成した水素終端シリコンを **FT-IR** で水素の分析
- ・多価イオンビームを **EBIT** (Electron Beam Ion Trap) を用いて試料に照射。
- ・ナノ酸化膜の作成
- ・ **FT-IR** による水素終端上のナノ酸化膜の分析

図 4.1 実験装置



5.測定結果及び考察

実際に作成した水素終端シリコンのFT-IRでの測定を行うと図 5.1 のようなスペクトルが見られた。左から順に、水の非対象伸縮振動、水の伸縮振動、二酸化炭素の非対象伸縮振動、水の偏角振動である。このような大きな吸収が見られる原因は、赤外光が空気中を通るためであり、試料上の分子原子による振動のためのものでない。

また、水素終端結合に特有な振動は 2100cm^{-1} のため、その付近を拡大したのが図 5.2 である。図 5.2 を見てみると、水素

の吸収スペクトルが出ていないように見える、しかし、水素終端結合の吸収スペクトルは元々非常に少ない、また、試料についてた水素の量によるため、かなり試料についてた水素が少なかった可能性がある。また、水の偏角振動による吸収スペクトルは、水素の吸収スペクトルより大きいいため、その中に紛れてしまった可能性がある。

図 5.1 全波長での吸収スペクトル

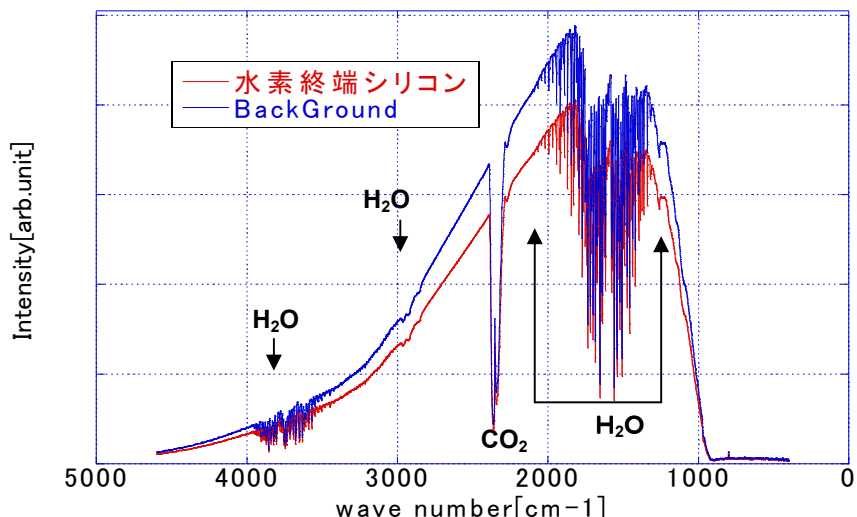
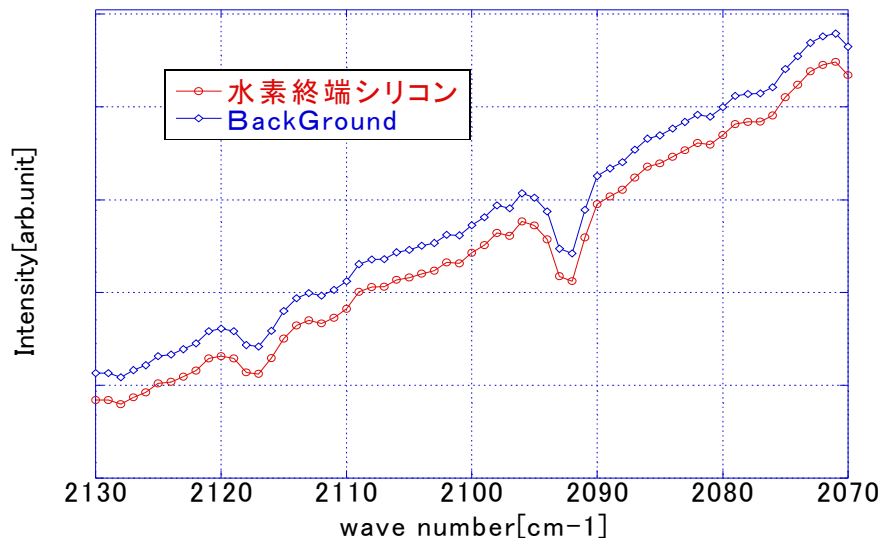


図 5.2 水素の吸収スペクトル周辺



そのため、水の偏角振動による吸収スペクトルを除去する必要があるが、赤外光が空気中を通る道とマイケルソンの干渉計の内部

全てをビニールで覆い、窒素ガスで満たし同様の実験を行ったところ図 5.3 のような結果が得られた。

図 5.3 水の偏角振動の吸収スペクトルの比較

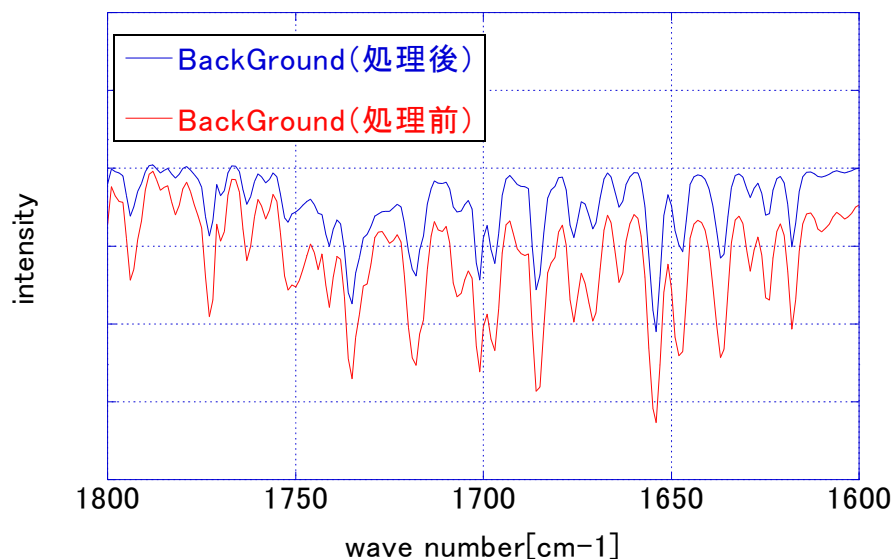


図 5.3 から、水の偏角振動が減っているのが分かるが、これだけでは、まだ水素の吸収スペクトルを見るに到らなかった。

6. まとめ

シリコン上で水素の振動がみられなかった。また、水の除去をするのに窒素ガスが効果的であるが、それだけでは見られないことが分かった。水の除去の他に、水素終端の水素の付着が少ない可能性もあるため、水素を吹き付ける角度や時間、シリコンの加熱時間などを工夫する必要がある。

今後の展開としては水素の振動を見られる工夫をする。次に水素の吸収を確認後ナノ酸化膜を作り、ナノ酸化膜を **FT-IR** にて測定を行いたい。

7. 参考文献

- (i) Y.J.Chabal(Ed.)
「 Fundamental Aspects of Silicon Oxidation」
- (ii) Y.J.Chabal, AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, NJ 07974,USA
「Surface Infrared Spectroscopy」
Surface Science Reports 8(1988)211-357
North-Holland, Amsterdam
- (iii) 日本表面科学会編
「新訂版・表面科学の基礎と応用」
株式会社 エヌ・ティー・エス
- (iv) 浮田宏生
「電子光計測」
株式会社 コロナ社