

Title	二次非線形光学顕微鏡の開発
Author(s)	宮内, 良広
Citation	
Issue Date	2007-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/3656
Rights	
Description	Supervisor:水谷 五郎, 材料科学研究科, 博士

二次非線形光学顕微鏡の開発

宮内 良広 (水谷研究室)

[要旨]

原子構造を直接観察できる走査トンネル顕微鏡 (STM: Scanning Tunneling Microscope) の発達によって、表面再構成、表面緩和などの微視的な機構、構造が明らかになってきた。しかし、一方で触媒現象などの巨視的な現象は数 μm 程度の中間領域にも本質的に反応を左右している要因があるため、微視的なメカニズムとの関わりを理解することは難しい。また、この中間領域で起こる現象が微視的なメカニズムに影響を及ぼすこともある。例えば光 CVD 法、アブレーション法などによる a-Si:H 膜成製過程における中心的反応は光照射中の Si 表面での水素脱離、吸着反応であるが、この本質を理解するためにはパルス光照射熱によって起こる Si 基板の構造変化と水素脱離の機構の関わり方を知ることが必要である。特にこの系では Si 表面上に形成される中間領域での水素密度分布が水素脱離の機構に影響する可能性がある。このため数 μm 程度の中間領域の表面観察ができ、同時に微視的情報も得られる顕微鏡が求められている。また、このような顕微鏡は分子レベル、細胞レベル、固体レベルの現象の繋がりを理解する必要のある生物学においても必要とされている。

そこで本研究では超高真空下での固体表面と大気圧下で生体試料を観察できる光第二高調波発生法 (SHG) と可視-赤外光和周波発生法 (SFG) を応用した顕微鏡を開発し、これらの顕微鏡が固体表面や生体内の特定分子の動的現象を理解できることを示す。以下に主な成果を述べる。

超高真空下の固体表面の表面電子準位像が得られる SH 顕微鏡と、表面分子振動像が高感度で得られる SF 顕微鏡を開発した。またその応用としてパルス光照射した水素終端 Si(111)1 $\times$ 1 面の観察を行った。その結果、図 1(a) のように SH 顕微鏡によって H-Si(111)1 $\times$ 1 表面上の水素脱離分布に対応した SH 顕微像を得ることができた。図 1(a) は $\phi 0.5\text{mm}$ の円を描きながらパルス光照射した後の SH 顕微像であるが、パルス光照射した場所では水素脱離がおき、その結果生成したダングリングボンドの表面電子準位に起因して増強 SH 光が発生したことを示している。これは Si 表面の水素脱離分布が数 μm 程度の中間領域の顕微像として非破壊で得られた最初の報告例である。また、H-Si(111)面の Si-H 伸縮振動に対応した SF 顕微像が得られた。図 1(b), (c) はパルス光照射した H-Si(111)1 $\times$ 1 表面のそれぞれ 2080cm^{-1} と 2092cm^{-1} の SF 像である。パルス光は図 1(a) と同様に $\phi 0.5\text{mm}$ の円を描きながら照射した。まず、図 1(b) はモノハイドライドの伸縮振動に対応した SF 顕微像であり、パルス光照射した領域では水素脱離が起きたため SF 光が減少していることが分かる。さらに図 1(c) ではパルス光照射した領域だけから新たに SF 光が発生していることが分かる。この SF 光強度は赤外光の波数が 2092cm^{-1} を中心として $2087\sim 2127\text{cm}^{-1}$ において発生しておりブロードなピークとなっていることが分かった。このことはパルス光照射によって新たにダイハイドライドが生成したことを意味している。超高真空下で固体表面の SF 像、分子振動像が得られたことは初めてであるが、特に水素の被覆率が 1ML 以下である Si 表面でダイハイドライドが顕微像として検出できる高感度の振動分光顕微鏡は SF 顕微鏡以外には存在しない。このように SF 顕微鏡は高いポテンシャルを持っている表面観察手法であることが示された。なお、このダイハイドライドの生成は Si 表面の構造変化と水素脱離反応が関わって生成した。レーザーアニールによる Si 基板の構造変化と水素脱離反応はそれぞれ別々に研究されてきたが、それらが関わりを持つというところは新しい発見である。

また、生体を観察するための SH、SF 顕微鏡の開発も同時に行い、この顕微鏡によって水草中の澱粉粒子が非破壊で観察できることを示した。特にこの SF 顕微像観察は生体の SF 顕微像観察として最初の報告例であり、この観察によって水草中の澱粉粒子の糖種の識別まで非破壊で行えることを示した。

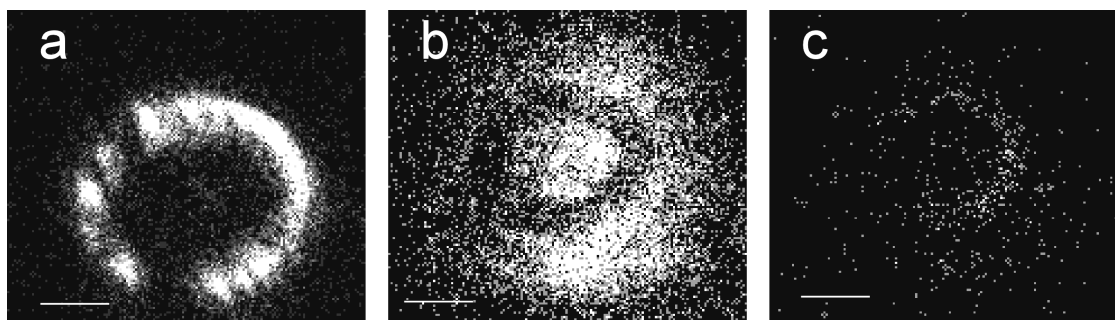


図 1. マイクロ秒のパルス幅の赤外光を照射した H-Si(111)表面の SH、SF 顕微像
(a) SH 顕微像、(b) SF 顕微像(2080cm^{-1})、(c) SF 顕微像(2092cm^{-1}) Scale bars: $200\text{ }\mu\text{m}$