

水素終端シリコン表面の酸化機構

籾 本 周 邦・斎 藤 和 之*・森 田 瑞 穂**・大 見 忠 弘**

NTT 材料分析センター * NTT LSI 研究所 ㊟243-01 厚木市森の里若宮 3-1
** 東北大学工学部 ㊟980 仙台市青葉区荒巻

(1991 年 4 月 5 日 受理)

Oxidation Mechanism of Hydrogen-Terminated Silicon Surface

Norikuni YABUMOTO, Kazuyuki SAITO*, Mizuho MORITA** and Tadahiro OHMI**

NTT Center for Analytical Technology and Characterization

* NTT LSI Laboratories 3-1, Morinosato Wakamiya, Atsugi-shi, Kanagawa 243-01

** Faculty of Engineering, Tohoku University Aramaki Aoba-ku, Sendai-shi, Miyagi 980

(Received April 5, 1991)

HF 洗浄によって作製した水素終端シリコン (100) 表面の酸化過程を、低酸素分圧下での昇温脱離分析を主な解析手段とし、表面からの水素の脱離と、シリコンと酸素、水の反応に着目して調べる。酸化は、400°C での水素の脱離 ($\text{SiH}_2 \rightarrow \text{SiH} + 1/2 \text{H}_2$) では起こらず、500°C ($\text{SiH} \rightarrow \text{Si} + 1/2 \text{H}_2$) でベアシリコンが現れたときに初めて、酸素や水が作用して起きる。さらに、800°C で酸化反応が促進され、低酸素分圧下では表面のエッチングが、高酸素分圧下では酸化膜が形成される。温度をパラメータとした、水素終端シリコン表面の酸化モデルを提案する。

1. はじめに

希フッ酸で洗浄したシリコン表面は、水素で終端され、酸化に対して不動態効果があることが知られている¹⁾。この表面には、大気中では 100 分、また、酸素と水が共存しないかぎり約 1 週間は自然酸化膜が成長しない²⁾。しかし、温度をパラメータとしたとき、この表面が何度まで安定であるかは不明である。一方、希フッ酸洗浄シリコン (100) 表面から水素が、約 400°C から脱離することがわかっており^{3,4)}、酸化は水素の脱離とともに進行することが予想される。

シリコン表面と水素や酸素の反応を扱った文献の多くは、超高真空中で形成したシリコン清浄表面に対する水素や酸素個々の反応に関してであり、水素で終端されたシリコン表面の酸化に関する例は少ない。Nakazawa は放射光を用い、表面敏感かつ高分解能の光電子分光法により HF 洗浄したシリコン表面の初期酸化実験を行い、Si-H と Si-C 結合により室温では酸化が起こらず、400°C で 20 L の酸素暴露でわずかに酸化が進むとしている⁵⁾。Hirashita は、昇温脱離分析 (Thermal Desorption Spectroscopy: TDS) と X 線光電子分光分析 (X-ray

Photoelectron Spectroscopy: XPS) を対応させ、水素の脱離とともに 400°C から酸化が始まると推定している⁶⁾。

ここでは、温度をパラメータとして水素終端シリコン表面の酸化過程を直接観察することを試み、低酸素分圧下での TDS を、主な解析手段とし、シリコン (100) 表面からの水素の脱離と、シリコンと酸素、水の反応に着目して実験を行った。本方法によって、酸素と水が水素終端シリコン表面と反応しはじめる温度を実験的に初めて明らかにした⁷⁾。TDS 後の表面の酸化状態は XPS によって分析し、TDS の結果と合わせ、水素終端シリコン (100) 表面の酸化進行過程の考察を行った。

2. 実験手順と昇温脱離分析システム

試料には、面方位 (100)、比抵抗 3~5 $\Omega \cdot \text{cm}$ の n 型シリコンウェハで、2 cm × 5 cm に切り出したものを用いた。シリコン表面状態として水素終端表面と、比較のために自然酸化膜付き表面の 2 種類を準備した。水素終端表面は RCA 洗浄後、1% HF 溶液に浸漬した後、脱イオン化水でオーバーフローリンスして作製した。自然酸化膜付き表面は、いったん水素終端表面と同様の処理

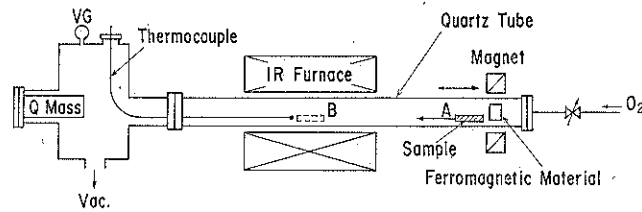


図1 昇温脱離分析システム

をした後、白金メッシュを触媒とした 30% H_2O_2 中に 30 分浸漬し、脱イオン化水でオーバーフローしして作製した。このときの膜厚は約 $10 \text{ \AA}$ で、安定して得ることができる⁸⁾。

TDS に用いた測定システムを図1に示す。特徴は、酸素分圧を可変できるように系の上流側から酸素をリークできるようにした点と、試料を真空中で磁力で動かせるようにして信号とバックグラウンド分の区別を明確化した点⁴⁾の2点である。TDS は水素 ($M/e=2$) の脱離と、酸素 ($M/e=32$)、水 ($M/e=18$) の挙動に着目してスペクトルを測定した。測定は、試料室を 5×10^{-9} Torr 以下まで排気した後、昇温速度 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ で行った。酸素と水のシリコン表面での反応による消費量を測定するため、系内に酸素を、 $2 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-7}$ Torr リークしながら測定した。酸素の分圧は電離真空計で測定し、水の分圧は四重極質量分析器のイオン透過率に関する Ehlert の値⁹⁾と、酸素に対する水のイオン強度の測定値比から推定した。

TDS 測定を行った試料は、低酸素分圧中の加熱での表面酸化の度合いを調べるため、XPS を行った。XPS は、 1×10^{-8} Torr 以下に排気（酸素分圧約 2×10^{-10} Torr）した TDS 装置内で種々の温度まで加熱、室温まで冷却後、O1s と Si 2p スペクトルを測定した。TDS 装置から XPS 装置までの試料の移動は、試料をテッ素封入して行った。封入時、開封時にそれぞれ数分大気に触れた。線源は $\text{AlK}\alpha$ (1486.6 eV) で、真空度 1×10^{-9} Torr 以下、検出角 35° で測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 水素終端面の TDS スペクトル

HF 洗浄シリコン (100) 表面からの、水素、酸素、水の TDS スペクトルを図2に示す。実線は試料から得られたスペクトル、点線は測定系がもつバックグラウンドである。酸素リーク量は 4×10^{-9} Torr、水分圧は 3×10^{-9} Torr である。水素は 400°C と 520°C にピークをもって脱離することがわかる。酸素と水のスペクトルは、水素の最初の脱離ピークである 400°C では変化しなかった。

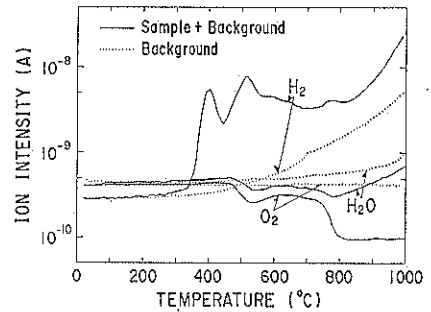


図2 水素終端シリコン表面からの水素、酸素、水のTDS スペクトル
 O_2 : 4×10^{-9} Torr, H_2O : 3×10^{-9} Torr

これらは、約 500°C と 800°C の2段階でバックグラウンドレベルより減少した。これは酸素と水がシリコンとの酸化反応において消費されることを意味している。酸素と水はともにシリコンに対して酸化剤として作用し、2段階にわたり同じ温度で同時に反応を起こす。

つぎに酸素分圧に対して、水素脱離のピーク温度と、酸素の消費温度の関係を調べた。結果を図3に示す。酸素の消費温度は、消費量が $1/2$ となる温度とした。水素

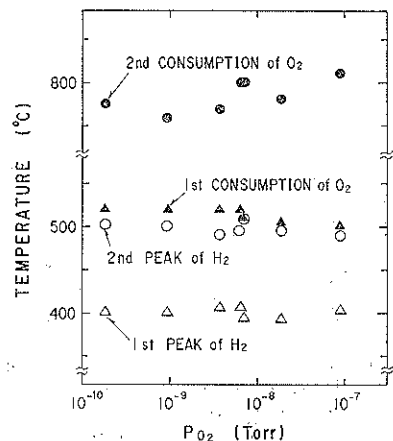
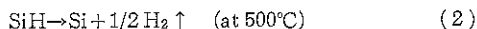
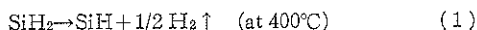


図3 水素脱離、酸素消費温度と酸素分圧の関係。
 水素脱離はピーク温度、酸素消費は消費量の半分までスペクトルが減少する温度とした。

の脱離温度は第1が約 400°C, 第2が約 500°C, 酸素の消費温度は第1が約 500°C, 第2が約 800°C である。水素の第1, 第2脱離ピーク温度と, 酸素の第1消費温度は, 酸素分圧によらず一定で, 水素の第2ピークと酸素の第1消費温度がほぼ等しい。したがって, 最初の酸化は, 水素が表面から脱離し, ペアシリコン面が現れるときに起こると推定できる。逆にいえば, Si(100) 面の表面は 400°C の水素が脱離しても, 500°C の水素によって表面が不動態化されているといえる。

シリコン表面に結合している水素の脱離温度と表面構造の関係に関する論文は4章に述べるようにいくつかあるが, HF 洗浄面に関しては, たとえば, Liehr は LEED によって TDS の 400°C のピークの前で HF 洗浄 Si(100) 表面の構造が 1×1 から 2×1 構造に変わることによって, 400°C の脱離水素はダイハイドライドからモノハイドライドに変化するとき脱離する水素であると推定をしている¹⁰⁾。また, Hirashita ら⁶⁾は, HF 洗浄によって水素終端された (111) 面での TDS スペクトルでは, 400°C のスペクトルが 500°C のそれに比べて小さいことから 400°C は SiH_2 , 500°C は SiH との推定をしている。したがって, 400°C と 500°C での水素の放出は, (1), (2)式の



反応により脱離する水素であると考えられ, シリコンと水素のモノハイドライドが表面に存在すれば, シリコン表面はなお酸化に対して安定であると結論できる。

3.2 自然酸化膜付き面の昇温脱離スペクトル

水素終端面との差を調べるため自然酸化膜付きの Si(100) 面の TDS を, 酸素をリークしながら測定した。結果を図4に示す。水素終端面との主な違いは酸素と水の 500°C での消費がなくなる点である。また, 第2消費の温度は約 80°C 高温側にシフトする。他の差異として

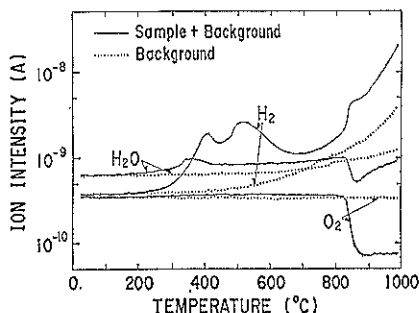


図4 自然酸化膜付きシリコン表面からの水素, 酸素, 水の TDS スペクトル
 O_2 : 4×10^{-9} Torr, H_2O : 5×10^{-9} Torr

水に 340°C に脱離ピークが生じたことと, 水素の脱離量が約 1/3 に減少したことがあげられる。水は, 水素終端表面には静電氣的に反発して吸着しにくい¹¹⁾, 自然酸化膜上では吸着しやすいことによると考えられる。また, 水素の脱離量の減少は, 見方を変えれば, 自然酸化膜が存在しても, 界面, 膜中, 表面のいずれか, または, 全体に水素終端表面の約 1/3 に相当する水素を有することを示している。

ペアシリコンが現れて初めて酸化が進むという 3.1 項の仮定は, 上の結果からも帰結される。自然酸化膜が存在していると, 酸素や水は Si と直接には接触できず, 界面まで拡散して初めて Si と反応する。Kobayashi らによると, 硫酸, 硝酸, 塩酸, アンモニアなどで形成した自然酸化膜は 750~950°C で脱離する¹²⁾。もし, H_2O_2 によって作られた自然酸化膜が 830°C で脱離すると仮定すると, ペアシリコンと酸素や水が速やかに反応するので, 図4の結果が得られるものと考えられる。

3.3 酸素消費量の酸素分圧依存性

3.1 項で述べたように, 酸素は 500°C と 800°C の2段階に消費されることがわかったので, それぞれの温度での消費量を酸素分圧に対して調べた。酸素消費量 (ΔP_{O_2}) を $2 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-7}$ Torr の O_2 をリークさせながら測定した結果を, 図5に示す。ここで ΔP_{O_2} は, 500°C と 800°C での O_2 分圧の減少分をとった。 ΔP_{O_2} は 800°C では O_2 分圧とともに比例して増加するのに対し, 500°C では徐々に飽和する傾向にある。したがって, 500°C と 800°C では, どちらも酸化反応であるが, その内容が異なっている。

500°C の反応は, 水素の脱離によって生じたペアシリコン上への酸化剤 (酸素, 水) の吸着と推定した。もし, 酸化剤が, ペアシリコン以外には吸着しないと仮定すると, 吸着に伴ってそのサイト数が減少することから, $\Delta P_{\text{O}_2} \cdot P_{\text{O}_2}$ 曲線の飽和傾向が説明できる。

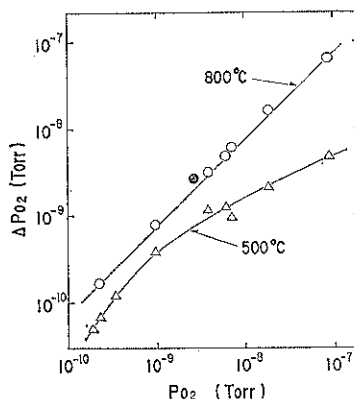


図5 酸素消費量の酸素分圧依存性

800°C 以上での反応は、3.4 項で述べるように、SiO₂ の形成と考えられる。この SiO₂ は、実験の酸素分圧範囲では、表面から昇華するので、酸化剤はいつでも新鮮なペアシリコンを攻撃できる。したがって酸素は SiO₂ の形成に消費されるので、酸素消費量は酸素分圧に比例する。H₂O₂ 処理で自然酸化膜が形成されている表面でも、自然酸化膜の脱離によってペアシリコンが現れた後、同じ反応が起こっていると考えられる。図 5 中の黒点は、図 4 の 830°C での段差からプロットしたものであり、この点が酸素分圧表面での 800°C の線上にほぼ載っていることは上記の仮定を支持している。

3.4 表面酸化状態の分析

TDS 装置内で所定の温度まで加熱した後の Ols スペクトルを XPS で測定した。TDS 内の真空度は、 1×10^{-8} Torr 以下で、所定の温度まで 20°C/min で加熱後、N₂ 封入して XPS 装置まで移動・測定した。封入時、開封時にそれぞれ 5 分程度大気に暴露された。図 6 は、Ols の相対強度の処理温度依存性である。ここで、Ols 相対強度は、Si 2p_{3/2} で規格化した Ols を、さらに HF 洗浄後いったん TDS 装置に装着のみした試料のその値で規格化した値とした。Ols の相対強度は、500°C までは変化せず、500°C 以上で 2~3 倍に増加した。この変化は TDS での酸素と水の 500°C での消費に対応した。しかし、800°C 以上では増加せず、TDS で現れた 2 段目の変化とは対応しなかった。

この原因として、Si 表面は、酸素分圧と表面温度の関係によって、酸化が進行したり、エッチングが進行する¹³⁾ことによると考えるのが妥当である。Taba らは Si (111) 表面の初期酸化を AES を用いて解析し、Si と酸素の反応は、真空中の酸素分圧と表面温度とによってエッチングと酸化が起こり、その状態は、O_{KLL} 強度で表わすと、(1) 20°C、10~30 L の酸素暴露に対して、

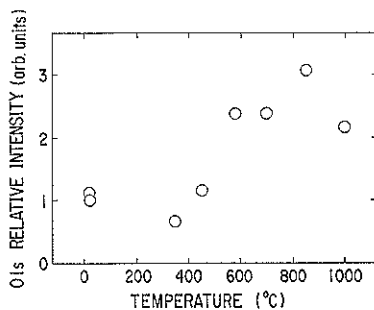


図 6 Ols XPS スペクトル強度の処理温度依存性。TDS 内の真空度は、 1×10^{-8} Torr 以下で、所定の温度まで 20°C/min で加熱後、N₂ 封入して XPS 装置まで移動し、測定した。封入時、開封時にそれぞれ 5 分程度大気に暴露された。

O_{KLL} 強度の増加は飽和し、以後は微増すること、(2) 300~500°C では、100 L 以上で O_{KLL} の増加が大きくなること、(3) 700°C では 300 L 以下ではあまり増加しないが、以上では急激に増加することを示している¹⁴⁾。Lutz らは Si (100) 表面を用いて同様の解析を行い、ほぼ同じ結果を得ている¹⁵⁾。

本実験は酸素分圧 2×10^{-10} Torr で行ったので、水素が脱離してペアシリコン面が現れる 500°C ではエッチング領域であるため、TDS 内ではエッチングが進行する。TDS 内で試料を降温すると、表面は再び水素で被われるが、その量が最初の HF 洗浄時より少ないこと¹⁶⁾から完全には被われず、降温時に酸化が起こり、TDS 装置から取り出して大気と接触したときにさらに酸化が進むものと考えられる。降温時や大気の接触によって表面が酸化される程度は、シリコン表面を終端する水素が脱離する 500°C 以上であれば、何度まで加熱しても変わらない。したがって TDS 後、いったん大気に晒した後 XPS で Ols 強度の相対強度を測定すると、図 6 のように 500°C で Ols 強度が不連続に増加するが、800°C ではそれ以上には増加しない。

4. 水素終端シリコン表面の酸化進行モデル

TDS による水素脱離と、酸素、水の Si 表面との反応、および XPS による各温度ごとの酸化状態の実験結果から、水素終端シリコン (100) 表面の酸化進行モデルを図 7 に示すように考察した。HF 洗浄表面は、400°C 以下では SiH₂ 構造をとる (a)。400°C で約 1/2 の水素が脱離して、SiH₂→SiH 構造へ変化する。この構造は 500°C まで安定で、酸化に対しても不動態効果をもつ (b)。500°C で SiH の水素が脱離し始めると、ペアシリコンが現れ、酸素と水がこの表面に吸着し (c)、酸化が進行しはじめる。800°C 以上では、酸化速度が増加し、酸化雰囲気では SiO₂ 膜が形成し、低酸素分圧では SiO の形成によるエッチングが起きる (d)。

Si 表面と水素については、たとえば下記の論文があり、(a)、(b)と温度的にもよく一致する。Liehr は、3.1 項にも述べたように、LEED によって、HF 洗浄表面は 400°C で、SiH₂ に由来する 1×1 構造から、SiH に由来

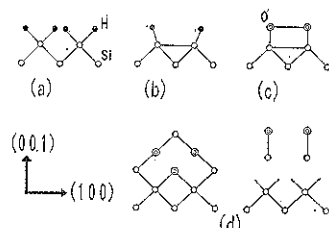


図 7 水素終端シリコン (100) 表面の酸化進行モデル

する 2×1 構造に変化すると報告している¹⁰⁾。Stucki らは、HREELS を用いて、 $\text{Si}(100)2 \times 1$ 上への水素吸着を調べ、室温では SiH_2 のみを、 380°C では SiH のみを形成すること、一度 SiH_2 で飽和した表面に 380°C 、1分の熱処理を行うと SiH のみの表面に変化することを報告している¹⁷⁾。Froitzheim らは $\text{Si}(111)7 \times 7$ へ、原子状水素を作用させた表面の EELS と LEED 観察を行い、室温では SiH_2 と SiH の両者が形成され、この表面を加熱していくと、 380°C では SiH のみとなり、さらに 480°C ではこの SiH もほとんど脱離し、 650°C で完全に消失し、再び 7×7 構造が現れることを示した。また、 (111) 面では 380°C の変化は (100) 面と異なり、単に SiH_2 の水素が脱離するのみで構造の再配列は起こらないとしている¹⁸⁾。

Si 表面の初期酸化については数多くの論文があるが、その多くは清浄表面への O_2 の反応を扱ったものである。Ibach らは $\text{Si}(111)$ と (100) 表面の初期酸化を AES を用いて解析し、 427°C では、 2L (10^{-8} Torr-s) から O_2 の吸着が始まり、 100L 以上で $6\text{\AA}$ の SiO_2 膜を形成し、内部にまで酸化が進むことを示している。また、EELS による解析で、 1L の水は 97°C までは Si-H と Si-OH の形で解離吸着し、 277°C まではバックボンドの位置に入るが、 477°C になると表面に出てブリッジ状の構造をとるとしている¹⁹⁾。Keim らは $\text{Si}(100)2 \times 1$ への O_2 吸着を調べ、最初の反応は化学吸着であり、(1) 0.5 層以下では吸着した酸素分子は Si 上で解離吸着し、(2) $0.5 \sim 1$ 層では酸素分子の吸着と酸素原子の Si 格子への侵入が同時に起こり、(3) 1 層以上では酸素原子の Si 格子への侵入が酸化の律速となるとしている²⁰⁾。Tabe らは、AES の O_{KLL} 強度の増加が速いときは酸素分子や酸素原子の吸着、遅くなったときは Si-Si ボンドの開裂を伴う酸素原子の内部への拡散であり、熱に起因する原子振動は酸素原子の拡散を早めると考察している¹⁴⁾。

本実験で、温度を考慮するとこれら論文が参考となる。 500°C 以上でベアシリコンが現れた後は、酸素や水が表面に吸着し(c)、酸化雰囲気では、最初ブリッジ状の構造をとる。つぎに酸素原子が内部へ拡散をはじめ、徐々に酸化膜が形成される。エッチング雰囲気では、表面に吸着した酸素や水が Si-O へと解離し、その形で表面から脱離する。さらに、 800°C になると、原子振動が激しくなり、これらの反応が加速される。

HF 洗浄シリコン表面の 500°C と 800°C での酸化反応の違いは、酸素圧 1 気圧の酸化雰囲気下でも観察された。酸化速度がこれらの温度を境にして増速されるようになり、XPS で測定される Si^{4+} の束縛エネルギーも高

エネルギー側にシフトする²¹⁾。 500°C での変化は水素の脱離で説明できるが、なぜ、 800°C でさらに不連続に変化するのかは、熱に基づく酸素原子の増速拡散と推定してもその確認はまだ得られていない。今後これらのメカニズムを明確化することが高品質の酸化膜を安定に形成するために不可欠であると考える。

5. おわりに

HF 洗浄によって作製した水素終端シリコン (100) 表面の酸化過程を、低酸素分圧下での TDS を主な解析手段として、酸化開始温度を実験的に初めて明らかにするとともに、実験結果に基づき酸化進行モデルを提案した。酸化は 400°C での水素の脱離 ($\text{SiH}_2 \rightarrow \text{SiH} + 1/2 \text{H}_2$) では起こらず、 500°C ($\text{SiH} \rightarrow \text{Si} + 1/2 \text{H}_2$) でベアシリコンが現れたときに初めて酸化剤である酸素や水が作用して起こることが確認された。さらに 800°C で酸化反応が促進され、低酸素分圧下では表面のエッチングが、高酸素分圧下では酸化膜が形成されることがわかった。

シリコン表面の酸化過程や酸化膜の構造は、単純な系であるにもかかわらずまだ未知の部分も多い。一方、MOS のゲート酸化膜の厚さは $100\text{\AA}$ を切る時代となっており、実用的な見地からも物性のさらなる解析が求められている。前洗浄工程を制御することや、酸化膜中の微量金属や H 、 OH の挙動を明らかにし、それらの電気特性への影響を定量的に把握していくことなどが課題としてあげられる。

本研究を進めるにあたり、有益な討論をしていただいた NTT LSI 研究所・荒井英輔主席研究員に感謝いたします。シリコンウェハの洗浄をしていただいた東北大学大学院工学研究科の寺本章伸氏と、昇温脱離分析に協力していただいた NTT LSI 研究所・小峰行雄研究主任に感謝いたします。

文 献

- 1) T. Takahagi, I. Nagai, A. Ishida, H. Kuroda and Y. Nagasawa: J. Appl. Phys. **64**, 3516 (1988).
- 2) M. Morita, T. Ohmi, E. Hasegawa, M. Kawasaki and M. Ohwada: J. Appl. Phys. **68**, 1272 (1990).
- 3) N. Yabumoto, K. Minegishi, Y. Komine and K. Saito: Jpn. J. Appl. Phys. **29**, L490 (1990).
- 4) N. Yabumoto, K. Minegishi, K. Saito, M. Morita and T. Ohmi: Extended Abst. 176th Electrochem. Soc. Meet., Hollywood, Abst. No. 407 (1989) 592, and Semiconductor Cleaning Technology/1989, 90-9, Electrochem. Soc. (1990) 265.

- 5) N. Nakazawa, Y. Nishioka, H. Sekiyama and S. Kawase: J. Appl. Phys. **65**, 4019 (1989).
- 6) N. Hirashita, M. Kinoshita, I. Aikawa and T. Ajioka: Appl. Phys. Lett. **56**, 451 (1990).
- 7) N. Yabumoto, K. Saito, M. Morita and T. Ohmi: Jpn. J. Appl. Phys. **30**, L 419 (1991).
- 8) M. Morita, T. Ohmi, E. Hasegawa and A. Teramoto: Extended Abst. 22nd Solid State Device and Materials, Sendai, S-F-1 (1990) 1063.
- 9) T. C. Ehlert: J. Phys. (E) **3**, 237 (1970).
- 10) M. Liehr: J. Vac. Sci. Technol. **A8**, 1939 (1990).
- 11) 籾本周邦, 斉藤和之, 森田瑞穂, 大見忠弘: 1991年電子情報通信学会春期全国大会講演論文集, SC-9-1 (1991) 5-331.
- 12) Y. Kobayashi, Y. Shinoda and K. Sugii: Extended Abst. 21st Solid State Device and Materials, Tokyo, S-B-6 (1989) 401.
- 13) J. J. Lander and J. Morrison: J. Appl. Phys. **33**, 2089 (1962).
- 14) M. Tabe, T. T. Chiang, I. Lindau and W. E. Spicer: Phys. Rev. **B34**, 2706 (1986).
- 15) F. Lutz, J. L. Bishoff, L. Kubler and D. Bolmont: Phys. Rev. **B40**, 10356 (1989).
- 16) 籾本周邦, 小峰行雄, 峯岸一茂, 斉藤和之: 第50回応用物理学会学術講演会 (89 秋), 福岡, 30 a-B-2 (1989) 659.
- 17) F. Stucki, J. A. Schaefer, J. R. Anderson, G. J. Lapeyre and W. Gopel: Solid State Commun. **47**, 795 (1983).
- 18) H. Froitzheim, U. Kohler and H. Lammering: Surf. Sci. **149**, 537 (1985).
- 19) H. Ibach, H. D. Bruchmann and H. Wagner: Appl. Phys. **A29**, 113 (1982).
- 20) E. G. Keim, L. Wolterbeek and A. Van Silfhout: Surf. Sci. **180**, 565 (1987).
- 21) 川村直毅, 籾本周邦, 峯岸一茂: 第51回応用物理学会学術講演会 (90 秋), 盛岡, (1990, 28 p-D-7) 628.

Bookstand

表面科学から見た触媒分子設計

宮 崎 栄 三 著

共立出版 B 6 版 91 頁 1,360 円

触媒は、これまでの「工業生産」にくわえて「環境」という観点からも重要性が増している。この「触媒」を設計するためには、原子・分子の微視的レベルでの触媒作用の理解が不可欠であるのはいうまでもない。表面科学の手法は、これにこたえるものとして注目され、新たな表面解析法の開発とともに「触媒作用」に関する多くの情報を提供してきた。

『触媒機能の舞台となっている活性サイトの構造』を表面科学の手法であきらかにする、という立場で書かれた本書は、この「情報」を見わたすのに好適な書物である。わずか 91 ページの小冊子であるが、つぎの 9 章に分けて要点が的確にまとめられている。(1)触媒の効果、(2)金属触媒の吸着機能とそのトレンド、(3)光触媒による水の分解反応、(4)表面の乱れと触媒機能、(5)アルカリ金属の効果、(6)層状構造をもった化合物の触媒機能、(7)固定化金属クラスター触媒、(8)金属酸化物触媒、(9)おわりに。

『冬の寒い朝石油ストーブに火がつきにくいとイライラする。』(第 1 章) という身近な話題から触媒の作用を説きはじめ、『読み進むにつれて少しずつ専門的要素が加わる』ように書かれた本書は、触媒を専門としない人にとっても読みやすい。残念ながら、『紙数の関係から』表面解析法そのものの説明は省略されている。しかし、著者の研究グループのものも含めた XPS, UPS, あるいは STM などの生データを数多く配し、これをやさしく解説する書き方は、読者が「活性サイト」をイメージするのにおおいに役立っている。

専門外の読者にとっては、「触媒のどんなことが」、また、研究者にとっては「どこまでが」あきらかになっているのか、について本書は有益な「情報」をあたえてくれる。 (大 谷)