

## LABORATORY NEWS

# 岡山大学理学部付属界面科学研究施設

岡崎 進

岡山大学理学部界面科学研究施設 〒700 岡山市津島中 3-1

(1981年3月31日 受理)

### A Report on Research Laboratory for Surface Science of Okayama University

Susumu Okazaki

Research Laboratory for Surface Science, Faculty of Science,  
Okayama University, 3-1 Tsushima-naka, Okayama 700

(Received March 31, 1980)

The Laboratory for Surface Science was established in 1971 for research on the physics and chemistry of surfaces and interfaces. The Laboratory now has two divisions for the study of thin film physics and surface properties of powders, and has been steadily expanding and improving its research areas and facilities. The journal of the Research Laboratory for Surface Science of Okayama University has been published annually since 1954.

#### 1. 概要

本施設は“界面現象”という学際的分野の研究を促進する為に、昭和46年4月理学部に設置された。最初に設置された第1部門は薄膜物性学である。この部門では半導体界面現象の解明と絶縁薄膜作製の研究を主に行っており、岡崎教授、日下講師、平井助手が構成員である。つづいて昭和50年4月第2部門の粉体物性学が設置され、現在長尾助教授が中心で、固体粒子の集合体である粉体の表面物性の研究を行っている。

教育面では、第1部門は物理学科と第2部門は化学科とかわりあいが深く、いくつかの学部学生に対する授業科目を担当し、特殊実験、演習を履修する4年次の学生授業を引き受け、さらに大学院修士課程の研究生の授業も行っている。

研究施設の研究成果は各学術誌に発表しているほか、本研究施設からは“*Rep. Res. Lab. for Surface Science*”を年1回刊行しているが、その内容は国内のみならず、海外からも反響をよび、雑誌の交換、論文の請求も年々増加している。

#### 2. 研究内容

最近の研究施設の研究内容を部門別に紹介する。

##### 第1部門 薄膜物性学

本部門では半導体界面現象の解明と絶縁薄膜の研究を主に行って来ている<sup>1),2)</sup>。特にここ数年間は高品質で界面特性の優れた絶縁薄膜をIII-V族あるいはII-VI族化合物半導体表面上に如何に形成するかという課題の下に研究を行っている。

このテーマの一環として、 $Al_2O_3$ (単結晶)および $HfO_2$ (焼結体)を蒸発源として電子ビーム蒸着法を用いた絶縁薄膜の作製を試みている。この方法により作製した金属-絶縁体-金属構造の素子の電気的特性(容量、損失角及びそれらの周波数依存性)を測定し、その結果を蒸着条件と関連づけて、良好な絶縁膜を得る条件の追求を行っている。さらにこの絶縁膜を上記化合物半導体表面上に形成し、金属-絶縁体-半導体構造のいわゆるMOSダイオードを作製し、このダイオードの容量-電圧及びその周波数特性を測定することによって、絶縁体-半導体界面の電気的特性の評価を行っている。この特性と薄

膜形成時の条件 (残留ガス, 基板温度, 蒸着速度, 半導体の表面処理, など) との関連を考察し, より良い界面特性を持つ上記構造の素子を得よう努力している。これに関連して, 最近, この界面の電気的特性に大きな影響を持つ上記界面に存在する界面準位を評価する方法の一つとして, これらⅢ-V族及びⅡ-VI族化合物半導体の圧電性を利用した独自の方法を見出し, その確立に立ち向かっている。これは上記の半導体の極性面上に作製した素子に外部バイアス一定の下で応力を加え, それによって生じた容量の変化量を界面準位がない場合に予想される変化量と比較することによって行っている。

さらに金属-半導体界面に生じる電位障壁, いわゆる *Schottky Barrier* の性質およびこの障壁の形成の要因の解明を目指して行っている。その一環として, Ⅲ-V族あるいはⅡ-VI族化合物半導体の GaAs, GaP, CdS 単結晶を用い, 特にそれらの結晶構造に起因して特徴のある極性面 (理想的にはいずれか一方の族に属する原子のみからその最外殻層が構成され, さらにこの面に垂直な軸を極性軸とする) に着目した研究を行っている。この極性面上に超高真空中で種々の金属を蒸着して生じた電位障壁の高さを測定した結果, ほとんど金属の種類によらず, 必ずいずれか一方の面上の障壁の高さが他方より高かった。さらにこの大小の関係は半導体の種類 (Ⅱ-VI族かⅢ-V族か) およびその伝導型 (*n*型か*p*型か) にも依存していることが判明した。この関係が生じる一つの原因として, 主に, 結晶の極性軸との関連を考慮して, これらの半導体の圧電性と金属蒸着膜の残留応力とに基づいた上記相関関係の現象論的説明を試みて来た。

## 第2部門 粉体物性学

本部門では, 界面化学的立場から粉体の表面物性について種々研究しており, 特に金属酸化物粉体上の表面水酸基に着目した研究に重点をおいている<sup>3), 4)</sup>。通常の条件下 (大気中) では酸化物粉体はその表面に水や酸素, 二酸化炭素などを吸着しており, なかでも表面水酸基は真空加熱処理しても容易には除去されず, 固体の表面物性にも著しい影響を及ぼしていることから界面現象を説明するうえでの鍵を握っているといえる。研究の方向としては, 表面水酸基自体の性質の解明と表面水酸基の固体表面物性に及ぼす影響の2つに大別できる。

表面水酸基自体の問題としては, 水酸基の定量, 化学的性質および反応性, 生成速度, 脱離性などを ZnO,

TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub> などの典型的な金属酸化物について研究しており, 気体吸着, 昇温脱離, 赤外線吸収 (反射) スペクトル, 浸漬熱測定などの手法を用いている。得られるデータは粉体の表面結晶性および表面構造とも密接な関係があり, 粉体表面の評価における基本情報を提供する。

表面水酸基の固体表面物性に及ぼす影響の問題に対しては, 水酸基の存在する表面と外来分子との相互作用の観点からとらえている。すなわち, 水酸基量を制御した酸化物表面に性質の異なる種々の分子を吸着させ, 吸着量, 吸着熱, 吸着状態などを水酸基量の関数として評価する。この研究過程において, ZnO-H<sub>2</sub>O の系では水の2次元凝縮が起るといって極めて特異な現象を発見した。これは, 表面結晶性のよい (10 $\bar{1}$ 0) 面の発達した ZnO では, 水の化学吸着によって生じた水酸基が互いに水素結合して *closed-hydrogen-bonding structure* をとり, 水の物理吸着に対して不活性な表面層を形成するためである。この現象の究明はなお現在も続けられており, さらに他の酸化物表面でも起り得るかどうか表面結晶性や表面構造との関係において検討されている。

また, 一方では水以外の分子, たとえば二酸化炭素やアンモニア, さらに極性や官能基の異なる種々の有機分子との相互作用についての研究も行っており, 着々と成果をあげている。最近の研究では, ZnO-有機分子の系において, 表面水酸基量の減少とともに有機分子の化学吸着量は増加するが物理吸着量は減少するという定量的な関係を見出し, 表面水酸基の存在がいかにか固体表面の物性を支配しているかが再認識された。このほかにも化学吸着した分子の水酸基による置換反応, 固体表面の静電場の強さの評価ならびにそれに及ぼす表面水酸基の効果, 吸着サイトの強さとその分布などについても研究を行っている。

## 文 献

- 1) M. Kusaka, N. Hiraoka, M. Hirai and S. Okazaki: *Surface Science* **91** (1980) 264.
- 2) M. Kusaka, M. Hirai and S. Okazaki: *Phys. Stat. Sol. (a)* **60** (1980) K 133.
- 3) M. Nagao, K. Yunoki, H. Muraishi and T. Morimoto: *J. Phys. Chem.* **82** (1978) 1032.
- 4) M. Nagao and T. Morimoto: *J. Phys. Chem.* **84** (1980) 2054.