

電子技術総合研究所における 薄膜・表面研究の現状

八百 隆 文

電子技術総合研究所
〒305 茨城県新治郡桜村梅園 1-1-4
(1983年10月20日 受理)

Present Research Activities on Thin Films and Surface Science in Electrotechnical Laboratory

Takafumi YAO

Electrotechnical Laboratory 1-1-4, Umezono,
Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki 305

(Received October 20, 1983)

当研究所の沿革をさかのぼれば 1876 年工部省電信寮に設置された碍子研究所にいたる。1891 年には通信省事務局に電気試験所が設立され、その後幾多の組織の変革を経て、1952 年には通産省工業技術院電気試験所となった。1970 年には名称を電子技術総合研究所と改め、1979 年に筑波研究学園都市に移転した。現在、職員数約 720 名（うち研究者数は約 560 名）で、13 研究部（1つの研究部当り 3～5 研究室）、1 特別研究室、大阪支所（2 研究室）から構成されている。

研究分野は、物性・材料・デバイス関連の研究が中心となるエレクトロニクス、ソフトウェアや電子計算機関連の研究が中心となる情報技術、新エネルギー開発や省エネルギー技術関連のエネルギー技術、電気・光・放射線などの標準・計測技術の 4 つに大別される。薄膜・表面研究はエレクトロニクス関連の研究として基礎部、材料部、デバイス部、極限技術部、電波電子部などで進められている。電子技術における薄膜・表面研究の重要性が、近年とくに増大してきたが、それとともに当所における薄膜・表面研究のテーマ数、研究者数も増加してきた。当所では薄膜・表面研究を電子材料開発の一環として位置づけている。フローチャートの示すと Fig. 1 の如くとなろう。従って薄膜関係の研究の目的は、①比較的ニーズの明確なデバイス材料の開発、②新しい電子材料の開発であり、表面関係の研究の目的は、材料開発のための characterization と評価の開発にある。以下、当所における薄膜・表面研究のいくつかを紹介しよう。

1. 薄膜研究

薄膜研究の対象は大部分半導体材料で、他は超電導材

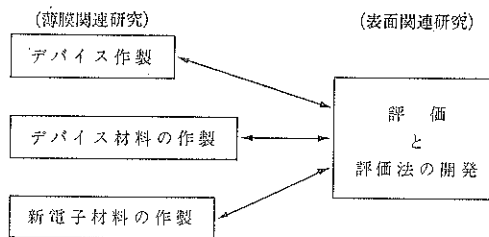


Fig. 1

料、磁性材料、有機分子材料である。半導体材料の Key material は言うまでもなく Si であるが、Si 関連の薄膜研究の一つに固体デバイス研究室で行われている Si 分子線エピタキシ (Molecular Beam Epitaxy-MBE) がある。Si MBE の課題は高濃度の不純物ドーピング技術の開発であるが、すでに Ga 液体金属イオン源を用いたドーピング技術を開発し、Ga の固溶度限界までのドーピングに成功している。太陽光発電で注目を集めている a-Si:H は、当所で最も活発に研究を進めている薄膜材料の一つである。アモルファス材料研究室では、種々のグロー放電法、スパッタ法やプラズマ CVD 法などによる成膜条件を系統的に変化させて作製した a-Si:H 膜を電気的・光学的・構造的諸方法により総合的に評価し、作成法から基礎物性、応用に至る総合的な見地からの材料研究を行っている。成膜法との関連では、発光分光分析や非線形ラマン分光法などによってプラズマ成膜法の基礎プロセスの研究を行っている。なお、a-Si:H 膜を用いた太陽電池の研究は半導体デバイス研究室で行っているが、同研究室では、Si 基板上に LED と Si 集積回路を monolithic に集積化する技術を開発する目的で、Si 基板上に GaP 膜の MBE 成長を行っている。monolithic 化では低温成長技術の開発がポイントとなるが、基板温度 350°C と極めて低温での成長が可能となっている。

GaAs 系材料は、高速電子デバイスや半導体レーザーの作製に用いられるため幾つかの研究室で MBE を用いた研究開発が進められている。固体物性研究室では膜厚制御性が良いという MBE の特色を生かして半導体レーザーや、二次元電子ガスデバイスを作製し、単原子層超格子の物性の研究を目的とする GaAs/AlAs 単原子層超格子などを作製している。また、GaAs や AlGaAs の量子井戸をレーザー活性層とした量子井戸レーザーや、GaAs/AlGaAs ヘテロ接合界面に形成される 2 次元高電子移動度電子ガスをを用いた量子ホール素子なども作製している。固体デバイス研究室では、FET、GaAs 集積回路、スーパーショットキーダイオードや新しい超格子素子の開発を目的として、GaAs、GaAs/AlGaAs

ヘテロ接合, GaAs/AlGaAs 超格子を MBE 法により作製している。オプトエレクトロニクス研究室では, GaAs, AlGaAs へのイオン注入 MBE 技術を開発している。MBE 成長しながらイオン注入を行うことによって MBE 法ではドーピング困難な不純物のドーピングを行ったり, 固溶限界以上の高濃度ドーピングを行おうというものである。

GaAs, AlGaAs 以外の III-V 族化合物半導体では, 固体物性研究室で, 発光素子新材料の開発を目的として Ga-PCl₃-NH₃ を原料として, N₂ 雰囲気中で化学堆積法 (Chemical vapor deposition-CVD) により GaNP 単結晶膜を Al₂O₃ 単結晶基板上にエピタキシャル成長している。高温電子材料研究室では, 耐熱電子材料開発の一環として, AlN, GaN や AlGaIn を, NH₃ を N 源として用いた化成 MBE (Reactive MBE-RMBE) 法により Al₂O₃ 単結晶基板上にエピタキシャル成長している。また, 他の耐熱材料として SiC を C⁺ イオン線と Si 線を用いたイオンエピタキシー法や, C 源として C₂H₂ を用いた RMBE 法や, SiH₄ と C₃H₈ を用いた CVD 法などによる SiC 膜, C⁺ イオン線を用いたイオン堆積法によるダイヤモンド状の C 膜 B₂H₆ と PH₃ を用いた CVD 法による BP 膜も作製している。なお, SiC に関しては, 耐熱電子素子の作製を目的として, 半導体デバイス研究室でも C₂H₂ や C₂H₄ を C 源とする RMBE 法により作製している。

II-VI 複化合物は Si→III-V 族化合物の延長上にあるポスト III-V 族化合物材料としての半導体光電材料の期待がある。固体物性研究室では, MBE の持つ非熱平衡状態の低温成長という特色を利用して, 青色発光素子材料を開発する目的で ZnSe や ZnS などの II-VI 族化合物半導体の MBE 成長を行っている。MBE 膜の電気的特性やフォトルミネッセンス (Photoluminescence-PL) 特性を調べた結果 MBE 法により高品質の膜が成長できることがわかった。

Nb₃Ge のような高 T_c の超電導材料薄膜の作製が,

高温電子材料研究室で行われている。成膜法は, Nb₃Ge をターゲットに用いた直流スパッタ法で, 光電子分光による解析によって A15 型の Nb₃Ge の堆積が確かめられている。

磁性薄膜の研究は, 磁性材料研究室で行っている。稀土類-鉄などの合金・化合物および稀土類ガーネット系などの磁性酸化物を蒸着, スパッターや液相エピタシー法などの薄膜作製技術を用いて作製し, その構造や磁気的・光学的性質を研究している。

有機分子薄膜の研究は, 部品基礎研究室と材料物性研究室で行っている。作製法は, 気水界面に有機極性分子の単分子層を形成し, それを逐次固体基板上に重畳する作製法と蒸着法がある。前者の方法で作製される累積膜はラングミュア膜と呼ばれ, 単分子層の尺度で構造が制御できる。最近, 分子エレクトロニクスとの関連で有機分子薄膜が注目されてきているが, ここでは電子物性や光学特性に関する研究を進めている。

2. 表面研究

当所における表面研究では, 電子材料の評価あるいは表面評価法の開発に重点が置かれている。

光電子分光の研究に関しては, XPS による超電導材料や高融点化合物の評価や半導体表面の評価, 600 MeV の SOR 光を用いた角度分解型 UPS による表面分析が, 高温電子材料研究室で進められている。

宇宙環境技術研究室では, 金属材料や半導体材料の表面組成の分析技術を開発する目的で, オージェ電子分光法, XMA 法, 光電子分光法などの諸方法を開発している。最近では, スパッタ放出物質の組成評価法の研究を進めている。

液体金属イオン源は, 微細加工, マスクレスイオン注入, 表面分析用のイオン源として最近重要性が認識されつつある。ビーム応用研究室では, MBE への応用や微細エッチングが可能なイオン源として Ga イオン源の研究を行なっている。