

工学部電気工学科電気材料工学講座



研究室紹介

白藤 純嗣*

1. 講座の沿革

本講座は、昭和8年大阪帝国大学が発足すると同時に電気工学科第4講座（電気現象基礎論・電気材料）として開設されたが、情報システム工学科の新設（平成元年）に伴う電気系教室の再編によって講座名称が現在の電気材料工学講座に改められた。

時代の変遷や社会のニーズを反映して、研究対象は時と共に違って来てはいるが、講座の基本方針は開設以来変わっておらず、電気機器や電子デバイスへの応用を念頭に、電気材料（絶縁体から超伝導体まで）の物性、特に広い意味での電気輸送現象の機構を解明することにあると考えている。初代教授の望月重夫先生は気体・液体・固体誘電体の絶縁破壊の研究をされたが、昭和21年からは山口次郎先生（現在大阪大学名誉教授）が電力用半導体整流器を中心に半導体材料の研究を開始された。昭和36年から講座を担当された犬石嘉雄先生（現在大阪大学名誉教授）は物性論的な考え方の重要性を説かれると共に、研究の幅を広げられ、半導体の高電界現象、固体・液体誘電体材料の電気伝導、絶縁破壊およびクライオエレクトロニクスなどの研究を推進され、講座の充実発展に努められた。昭和62年からは白藤が講座を担当し、杉野隆助教授、服部励治助手と共に電気材料の新しい展開を目指して努力している。

電気材料はあらゆる電気機器、電子デバイス



*Junji SHIRAFUJI
1934年1月11日生
昭和34年大阪大学工学部電気工学科卒業
現在、大阪大学工学部電気工学科、教授、工学博士、電気材料工学、
TEL 06-877-5111

の基幹要素であるが、既存材料の物性を明らかにし、それを利用するという従来の行き方だけでなく、複合化、混成化による物性のtailoringや新しい機能の付与、従来技術では制御が困難であった物性の新しい制御技術の開発など、新たな展開が必要である。また、将来には原子、分子レベルで材料設計や材料創製をなすうる究極の域にまで研究を推し進めなければならない。

2. 研究の概要

既存半導体材料の特性、特に表面の性質を制御する技術の開発、Si集積回路の超高集積化に伴って派生している絶縁体薄膜の特性劣化機構の解明、酸化物高温超伝導体薄膜の低温エピタキシー技術の開発などに焦点を合せ、次のような研究を現在行っている。

(a) 化合物半導体の表面安定化

GaAs や InP あるいは関連の混晶である InGaAs や InAlAs はいずれも超高速トランジスタの材料として有望である。しかし、As や P のような蒸気圧の高いV族元素を含んでいるため、これらの材料では表面近傍に原子空孔や antisite 欠陥が高密度に存在し、フェルミ準位ピンニングと呼ばれる特異な現象をひき起こす原因となっている。表面欠陥が皆無の理想的状態では、ショットキー障壁高さ Φ_B はおおよそ金属の仕事関数 Φ_M と半導体の仕事関数 Φ_S の差 $|\Phi_M - \Phi_S|$ で与えられる (Schottky limit)。しかし実験では、高密度の表面欠陥準位のため Φ_B は Φ_M には関係なくほぼ一定 (Bardeen limit) になり、GaAs では 0.8~0.9eV、InP では 0.4~0.5eV である。このような現象と密接に関係して、GaAs では良質な MISFET が作製できない現状にある。GaAs の表面酸化膜は Ga_2O_3 と As_2O_3 であるが、化学的安定性が低く、電

気絶縁特性も悪い。従ってMIS構造の形成には絶縁体薄膜をCVD法によって堆積しなければならないが、このことが表面欠陥密度の低減を妨げている。表面欠陥の低密度化をここでは表面安定化と呼んでいる。

表面安定化のため世界中で色々な試みがこれまで実施されているが、まだ決定的な方法は見つかっていない。私共は独自のプロセスとして、放電々力を極力低く抑えた穏やかな PH_3 プラズマあるいは紫外光照射によって生成した PH_3 ラジカルで表面処理を施す方法を検討している。そのねらい等は本誌(43巻, 3号, 35~37頁)に紹介済みであるのでここでは省略するが、これまでの実験ではGaAsやInPに対して或る程度有効であり、理想にはまだ遠いけれど、 Φ_B が Φ_M 依存性を示すようになることが確かめられている。Auをショットキー電極に用いた時、GaAsでは1eV以上、InPでは0.7eV以上の Φ_B が観測されている。

今後はできるだけ洗浄な雰囲気の中で表面処理を行うと共に電極金属と半導体表面との反応を極力抑えるよう100K程度の低温で金属の蒸着を行うなど、更に表面欠陥密度を低く抑える工夫をすると同時に、 PH_3 プラズマ、 PH_3 ラジカル処理による表面状態の変化をESCAやケルビンプローブを用いてより詳しく調べて行く計画である。

(b) 集積回路用絶縁体薄膜

SiO_2 や SiN_x はMOS(MIS)構造、メモリキャパシタ、層間絶縁膜、表面保護膜など集積回路の構成材料として重要である。これらをGaAs、MISFETの絶縁体層に用いるには、堆積プロセス中に新たに表面欠陥を導入しないことが必要である。私共はプラズマ領域と基板とが空間的に分離されているremote plasma CVD法を用いることを試みている。 SiN_x 薄膜については N_2 と SiH_4 を用いることによって良好な特性がえられることを確かめている。

SiO_2 膜はSi集積回路の構成に欠かせないが、集積度の増大に伴い、MOSFETのゲート酸化膜やメモリキャパシタの酸化膜は次第に薄くなっている。そのため印加電界が高くなり、従来問題にならなかった経時誘電破壊(time dependent dielectric breakdown)のような現象が新たな問題として浮上してきている。この現象の発生機構はまだ解明されていないが、ホットキャリアの過剰エネルギー放出による欠陥生成とlow-ohmic-pathの成長がその原因と思われるので、かつてSi中の転位の研究に利用されたCu decorationの手法の応用を検討している。

(c) 酸化物高温超伝導体の単結晶育成とデバイス応用

転移温度が77Kを越える酸化物超伝導体の発見により超伝導応用機器の実用化が急に間近になったように言われている。しかし、真の実用化までには組成、微視的構造の均一な結晶の作成技術の確立、結晶に種々の細工を実すプロセス技術の開発が必要である。高品質単結晶の作成技術の確立を目指して学内および産学の共同研究態勢を組み、蒸着法、浮遊帯融法について実験を行うと共に、電流スイッチなどエレクトロニクスへの応用についても検討を行っている。

(d) 広ギャップ半導体の電気伝導とデバイス応用

これまで行って来たa-Siおよび関連合金の電気伝導の研究をデバイス寄りに発展させ、ソース、ドレイン電極にショットキー障壁接合を用いる新しい構造のTFTを提案し、実験およびシミュレーション両面から予想されるスイッチ特性の優劣性を裏付けるための研究を行っている。また、将来の耐環境デバイス材料として有望なダイヤモンド薄膜についても電気伝導機構の面から検討を加えている。