

2.2.3 半導体バイオセンサ

杉野 隆

電気電子情報工学専攻・教授

2.2.3.1 はじめに

ITを支える電子デバイス、バイオやエコをコントロールするためのセンサデバイスは、いずれも界面、表面の制御がキーテクノロジーとなります。当研究室では、ナノ表面を制御した機能デバイス・材料の研究開発を行い、実用デバイスへの橋渡しをしています。

2.2.3.2 Low-K（低誘電率）絶縁膜の研究開発と半導体集積回路への応用

我々は、高速LSI配線の低誘電率(LowK)層間膜向けにBCN（ホウ素-炭素-窒素）材料を研究開発しています。6インチのBCN成膜装置を立ち上げ、LowK膜として最適な成膜条件およびその膜物性を検討しています。また、BCN系膜の新たな展開として、TMAB（トリスジメチルアミノボロン:TMAB)ガスを用いてメチルBN膜を成膜することに成功しました。膜中にメチル基を含むことによりBCN膜よりも安定して誘電率を低減でき、従来のLowK膜よりも機械的強度（ヤング率）が高いことを明らかにしました。更に、実際にCu配線をインテグレーションする場合に問題となる加工ダメージの評価、そして環境に優しく安定なCu防食皮膜も提案し実用可能性の評価を進めています。

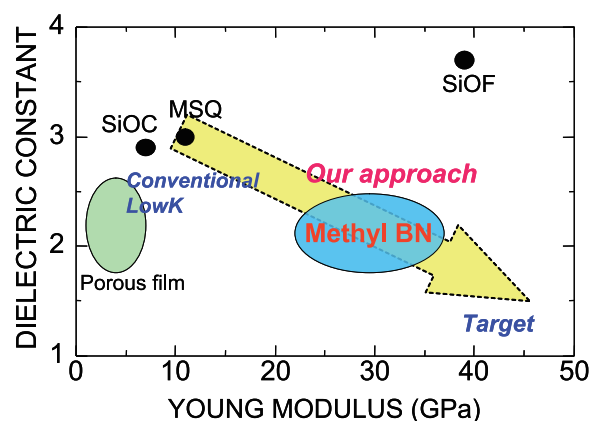


図 2.2.3.1 LowK 膜のヤング率と誘電率

2.2.3.3 パワーデバイス用ワイドバンドギャップ半導体表面の不活性化技術、HighK-MIS用絶縁膜の研究開発

今後のパワーデバイスを支える半導体として、SiCやGaNが研究開発され、パワーMOSFETは高温で高性能動作が要求されています。我々は、誘電率が高く(HighK)、バンドギャップ(Eg)も大きい材料として、Al系膜、Y系膜を用いてMIS構造を作製し、ゲート絶縁膜としての基礎特性を評価しました。AlSiO膜にNをドープしたAlSiON膜の方が、高温におけるリーク電流を抑制できることを明らかにしました。また、更なる高誘電率化を目指して Al（3価）と同じ3価のYに着目し、YA10膜の検討も進めています。一方、絶縁膜と半導体との界面が重要となることから、非常に酸化力が高い超臨界水（350℃～、322Mpa）を用いた、SiCやGaN基板の短時間、低温酸化も検討しています。

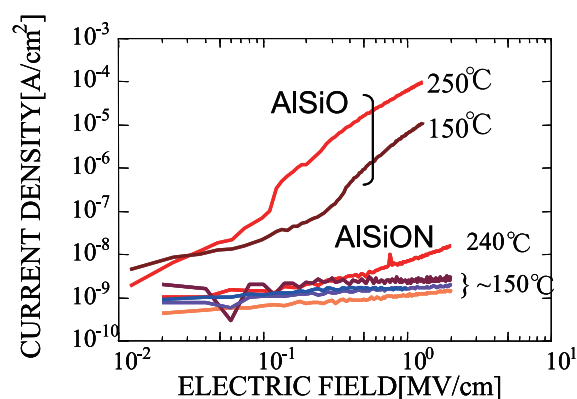


図 2.2.3.2 N ドープ AlSiO 膜の高温におけるリーク電流の電界依存性

2.2.3.4 高性能電子源の研究開発とディスプレイへの応用

近年、分析技術の進歩につれて高性能電子源の必要性が高まっています。我々は、電子源として注目されているカーボンナノチューブ(CNT)に窒化ホウ素炭素(BCN)薄膜をコーティングすることで更なる高性能化を目指しました。高真空度での連続動作において両者には大差が見られませんでした。しかしながら、低真空度における連続動作実験(図2.2.3.3)ではCNTの場合10分程度で電子放出が起こらなくなりました。一方、BCN薄膜をコーティングしたBCN/CNT試料では60分以上の連続動作を達成し、BCN薄膜コーティングの優位性を見出しました。

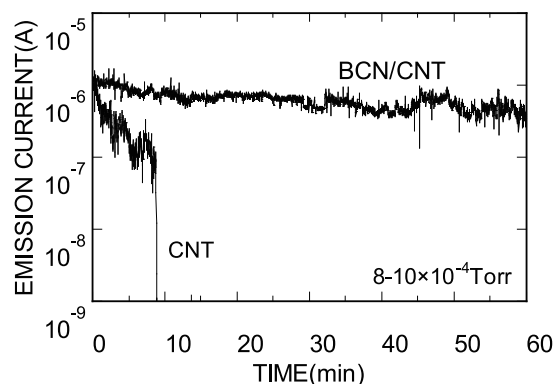


図 2.2.3.3 低真空化での電子源の動作寿命 (CNT と BCN 膜コート CNT の比較)

2.2.3.5 多孔質膜による化学センサ・バイオセンサの研究開発

多孔質の有機体にイオン交換基を修飾した膜を用いて、膜のインピーダンスの変化からバクテリア(枯草菌)数を検知することに成功しました。アニオン型イオン交換膜の強塩基にバクテリアが接触すると、細胞壁が溶解し細胞内部のイオンが溶出することを発見し、このイオンの吸着でイオン交換膜のインピーダンスが増加することをセンシングに利用しました。この成果は、国際学会(SSDM)で受賞に内定しています。

また、イオン交換基に酵素(グルコースオキシターゼ)を吸着させ、グルコースを選択的に検知することも明らかにしました。

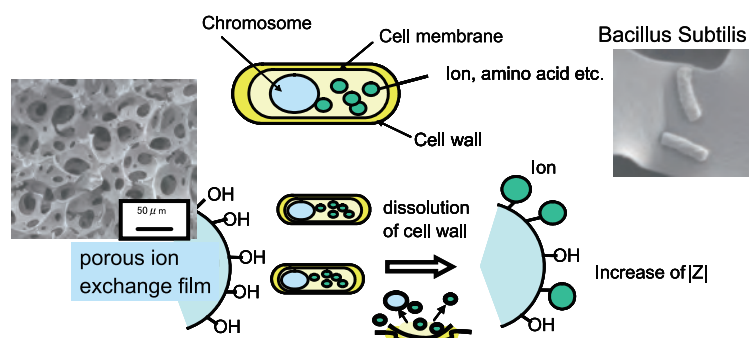


図 2.2.3.4 多孔質イオン交換膜を用いたバクテリア検知のメカニズム

2.2.3.6 新燃料を用いた燃料電池

我々は、安全に携帯できる燃料電池を検討しています。通常の水素(気体燃料)やメタノール(液体燃料, 引火物)の問題点を解決するために、新たな燃料として、粉末状のギ酸アンモニウム燃料を提案しました。図5に見られるように、ギ酸アンモニウムはギ酸やメタノールより高い酸化活性を持ち、小型セルで発電できることを明らかにしました。更に、電極触媒としてPdが有効であることも見出しました。

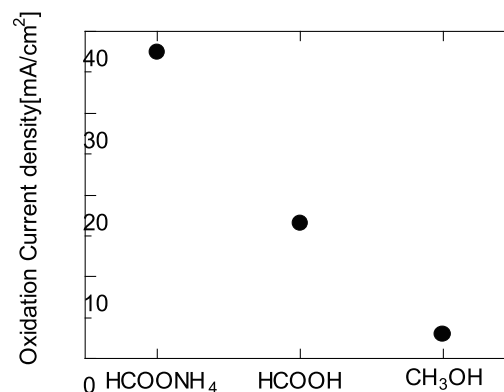


図 2.2.3.5 各種燃料に対する酸化特性 (サイクリックボルタンメトリー)