

本論文はULSI用ゲート絶縁膜の電子構造および化学状態について述べられたものである。特に、従来の光電子分光解析の問題点を明らかにするとともにそれを克服するための手法を開発し、バンド構造・トラップ電荷・化学状態の観点から電子状態の総合的な解釈を行った点が新しい部分である。

第1章では、本研究のテーマであるゲート絶縁膜/シリコン系に関する研究背景について述べられている。特に、本研究で取り扱う絶縁膜 SiO_2 、 SiO_xN_y 、高誘電率(High- k)材料と従来の研究における問題点について述べられている。第2章では、本研究で用いた光電子分光・X線吸収分光の原理とその解析手法について述べられている。

第3章では、絶縁膜/シリコン界面におけるバンド不連続の決定に関して述べられている。バンド不連続はゲートリーク電流解析等において必要不可欠なパラメータであり、高精度な決定法の確立が強く望まれている。光電子分光・X線吸収分光を組み合わせた解析手法を考案することによって、実験的な誤差要因を明らかにすることができ、高い精度および高い正確性を有するバンド不連続決定法を実現した。

第4章では、電気的な性質を評価する解析について述べられている。具体的には光照射に伴う内殻スペクトルの経時変化を測定・解析し、ゲート絶縁膜/シリコン構造における深さ方向の電荷分布をモデル化することである。界面準位密度の小さい SiO_2 膜の膜厚依存性、電気的な性質の異なる SiO_xN_y 膜の結果から考察される電荷分布のモデル化と内殻スペクトルのシフトの要因について論じている。

第5章では、Hf系High- k ゲート絶縁膜における熱的安定性の解析に関して述べられている。特に、デバイスプロセスでは高温熱処理工程を経るため、新しいhigh- k 材料をゲート絶縁膜として用いる際にはシリコン基板との反応性を考慮する必要がある。合金化すると絶縁膜中の漏れ電流が増大するため、これを抑制するプロセスを探索する必要がある。熱的安定性を向上させるには、界面層におけるHf濃度および窒素濃度分布の制御が重要であること明らかにした。

第6章では、ゲート絶縁膜積層構造における化学状態の解析法について述べられている。角度分解光電子分光法は非破壊で深さ方向の元素濃度分析が可能であることから広く用いられているが、あくまでも定性的な評価に留まることが多い。そこで、定量的な元素濃度分布の解析手法として、最大エントロピー法を用いた解析プログラムを開発することに成功し、 $\text{SiO}_2/\text{SiO}_x\text{N}_y$ および $\text{HfO}_2/\text{SiO}_x$ 積層構造に対して適用した。

第7章では、本論文のまとめおよび今後の展開が述べられている。

以上、要約したように、本研究では従来の光電子分光解析の問題点を克服するための新しい手法の開発、それによって得られた電子構造および化学状態に関する新たな知見について述べられている。さらに、本研究にて確立した解析手法は、今後素子構造が複雑化していく半導体の研究分野において必要不可欠であると思われる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。