

# 論文の内容の要旨

論文題名：絶縁膜上のシリコン MOSFET の信頼性と LSI 応用に関する研究  
～多結晶シリコン TFT と SOI デバイス～

氏 名：前田茂伸

SRAM (Static Random Access Memory) は、高速にデータを読み書きすることができ、待機時には電池 1 本で何年もデータを保持できるほど低消費電力である。そのため、爆発的に普及が進んでいる携帯電話にとって必要不可欠な部品の 1 つとなっている。実は、この SRAM を製造するためには、絶縁膜上のシリコン MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) の技術が欠かせない。SRAM メモリセルは通常 6 つのトランジスタを必要とするが、TFT (Thin Film Transistor) 負荷型 SRAM は、SRAM のメモリセルの中に、負荷トランジスタとして、多結晶シリコンをチャネルとする絶縁膜上の MOSFET、すなわち TFT を 3 次元的に積層して、低消費電力化と大容量化を達成している。

また、絶縁膜上の MOSFET をロジック LSI に利用した場合には、回路動作の高速化・低消費電力化が可能になる。SOI (Silicon On Insulator) 基板を利用すると、SOI MOSFET と呼ばれる絶縁膜上の MOSFET を実現できる。このデバイスは、寄生容量が小さいなどの理由により、高速で動作し消費電力が小さい。そのため、携帯電話やノートパソコンなどの連続使用時間を延ばすことができる技術として注目されている。

本研究の大きな目的は、これらの TFT や SOI MOSFET のような絶縁膜上の MOSFET を製造し、信頼性を確立して実用化することにある。各章は以下のように構成されている。

第 1 章では、低消費電力デバイスの求められる背景を、これまでの半導体発展の歴史に

基づいて議論する。また、この章では、多結晶シリコン TFT 負荷型 SRAM と SOI デバイスのデバイス物理の基礎を解説し、以下の章へ展開する。

第2章のテーマは、TFT 負荷型 SRAM セルの負荷トランジスタに用いられる多結晶シリコン TFT の信頼性である。SRAM 用多結晶シリコン TFT の長期信頼性の確立を阻害する最も大きな要因は BT (Bias Temperature) ストレスである。また、メガビット級の SRAM を製造するには、個々の TFT のバラツキを抑制することは非常に重要である。この章では、多結晶シリコン TFT の BT ストレスによる特性劣化を取り扱い、その劣化メカニズムについて述べる。更に、多結晶シリコン TFT の初期特性と BT ストレス劣化のバラツキに関する新しい解析手法を示す。これらにより、多結晶シリコン TFT の -BT ストレス劣化とそのバラツキを抑えるためのデバイス製造指針が得られる。この章で得られた知見により、安定な TFT 負荷型 SRAM を製造することが可能になった。

第3章のテーマは、SOI MOSFET の過渡的なフローティングボディー効果である。この過渡的なフローティングボディー効果こそが、SOI MOSFET の実用化を阻んできた最も大きな問題である。これを解決する1つの方法として、ボディーの電位を固定する方法がある。この章では、ボディー固定した場合のボディー電位の過渡的な動きと基板バイアス効果に関する考察を行い、SOI デバイスの構造設計指針を提示する。

第4章のテーマは、SOI MOSFET の定常的なフローティングボディー効果である。インパクトイオン化起因の定常的なフローティングボディー効果によるホットキャリア寿命の低下は SOI デバイスを実用化する上でのもう1つの問題点である。特に、フローティング状態で SOI MOSFET を使用し、過渡的なフローティングボディー効果を回路シミュレーションで予測して回路設計・製造しようとする場合には、この問題が重要になる。この章では、インパクトイオン化起因のフローティングボディー効果を考慮した SOI MOSFET のホットキャリア寿命の予測方法を示す。第3章と第4章から得られた知見により、高速・低消費電力のメリットを生かして、SOI デバイスを実用化することが可能になった。

第5章では、TFT 技術と SOI 技術の別の応用について述べる。TFT 技術の応用では、TFT の構造自由度を生かして、縦型Φシェイプトランジスタ (Vertical Φ-Shape Transistor = VΦT) という構造を作製し、1G (ギガ) ビット以降の DRAM (Dynamic Random Access Memory) セルを提案する。このセルによりスケーリングによる微細化だけでは達成できないブレークスルーの可能性を示す。SOI デバイスに関しては、SOI の、高周波 (RF=Radio Frequency) /アナログ応用に対するメリットを明らかにする。

第6章は、結論である。まとめと今後の課題・展望を示す。