

「More Moore, More than Moore」における化合物半導体電子デバイス」調査専門委員会  
解散報告書

電子デバイス技術委員会

1. 解散の趣旨および活動報告

標記調査専門委員会（委員長 宮本恭幸）は、いままでスケールリングにより性能向上をはかるムーアの法則を推し進めていく More Moore によって性能向上が図られてきたシリコン CMOS 集積回路において、CMOS の中に化合物半導体が入るか/CMOS で足りない部分がいかに化合物半導体で置き換わるか/いままで化合物半導体が主流となっていた分野がどこまでシリコンで置き換わるかに注目して、それぞれの材料の技術限界・特質の比較を先行調査することで、重要となる技術課題を抽出する。これにより論理回路と一体化・協調化した化合物電子デバイスの研究開発の方向性を見定めることを目的として発足した。平成19年10月に設置、以来10回の調査専門委員会、及び2回の電子デバイス研究会を開催し、技術資料の収集に努め、活発な検討を行った。この間の活動により、次の成果が得られた。

1) シリコン MOS 集積回路における研究開発動向

シリコン MOS において、単純なスケールリングのみでは進まなくなったことから、High-k 絶縁膜とチャネル歪みに代表されるテクノロジーブースターが導入された。また High-k 絶縁膜の導入により、従来のゲートファースト以外にもゲートスタックを最後に作るゲートラストがプロセス開発され、プロセスにおける自由度は大きく広がった。またサブスレッショルド領域でのより鋭い電流の切れを目指して、MEMS を使ったトランジスタの開発も始まっている。

2) シリコンに替わるチャネル材料における研究開発動向

理論的な予測では、有効質量が軽い化合物半導体を使った場合、極限のバリスティック状態を仮定しても駆動能力が上がるということが理論的に示されている。但し、ゲート（実効）酸化膜厚があまりに薄いと半導体内の反転層容量が無視できなくなったり、ソースのキャリア濃度が充分高くないとキャリアの枯渇が起こったりすることに注意する必要がある。なお、化合物半導体においてはシリコンに較べて、バリスティック状態を容易に到達できることから、実際の能力差はさらに広がる可能性がある。実験的にも InP 系材料による MOSFET の試作が行われつつあり、さらにエピタキシャル薄膜を異種基板上に貼り付ける技術も報告され、今後も研究が盛んになっていくと考えられる。一方 p 型材料については、現在 Ge の研究が有望視され、行われているが、縦方向の強い電界による移動度劣化もあり、期待された移動度がなかなか得られていないのが現状である。

3) GaN/AlGaIn FET の研究開発動向

シリコンよりも高い電界強度に耐え、かつ化合物半導体の特徴であるヘテロ接合による高移動度を利用する GaN/AlGaIn FET はすでに、携帯基地局でのパワーアンプとしての実用化が始まっているが、さらに高いパワーを目指した研究は続けられており、X バンドでは 80W を、Ku バンドでも 60W を超えるパワーが得られている。また従来シリコンが担っていたパワー半導体においても GaN/AlGaIn FET の高い性能は示され、10,000 ボルトを超える耐圧が報告され、さらにシリコンにおけるスーパージャンクションと同じ機能が GaN/AlGaIn ヘテロ界面の分極に持っていることに着目し、オン抵抗と耐圧を両立させるデバイス構造も報告された。

4) InP 系超高周波デバイスの研究開発動向

InP 系電子デバイスは、その能力として、依然もっとも電子が高速であり、ミリ波帯でのイメージングや、40Gbps を超える高速論理素子としては、依然重要であり、HEMT や HBT などの高速素子の報告がされた。さらにテラヘルツ帯の発振を InP 系共鳴トンネルダイオードを用いて実現させる試みも行われている。

以上により、本委員会の所期の目的を達し、調査をまとめる段階に達したので、平成 21 年 9 月末をもって本委員会を解散したい。

## 2. 成果報告の形態

解散に当たり、電気学会での企画セッションの形態をもって成果報告とする。

## 3. 成果報告について

解散に当たり、下記の電気学会での企画セッションを企画する。

(1) 企画セッション開催予定の学会：平成 21 年度電気学会 電子・情報システム部門大会

(2) セッション名：「More Moore, More than Moore」における化合物半導体電子デバイス」

(3) 発表予定題目（案）；

More Moore

シリコンの立場から

III-V MOSFET

III-V on Si の成長

More than Moore

GaN パワーデバイス

GaN 高周波デバイス

(4) 部門大会会場：徳島大学工学部

(5) 部門大会会期：平成21年9月3日（木）、4日（金）

## 4. 今後の問題点

従来化合物半導体が得意としてきた分野と CMOS が集積化・融合化することで多機能化を行う方針が提案されているが、それは同時に広い分野で化合物半導体が使われ、その電力消費が増えると言うことである。

環境面から見ると、化合物半導体が主に使われてきた ICT 社会は、コンピュータや通信に使う機器そのものの電力消費を減らす「IT の省エネ」と、コンピュータや通信をさらに広く活用することで、IT 機器以外のエネルギー消費を減らす「IT を活用した省エネ」の二つの面で見ることが必要である。そこでどのように、いわゆるグリーン IT に化合物半導体が貢献できるかということを考える必要がある。

従って新たな視点で調査専門委員会を発足させ、この問題を明確化する必要がある