

巻/頭/言

高周波・光デバイスにおけるこれからの可能性

Future Possibility of High-frequency & Optical Devices

宮本恭幸

Yasuyuki Miyamoto



集積化による回路の高性能化と価格低下がエレクトロニクスの進歩を大きく支えてきた。これは半導体論理素子の縮小(スケールリング)が高性能化と素子面積縮小による価格低下の両方を同時にもたらすことによる。しかし単純なスケールリングは既に限界がきており、10年ほど前から歪(ひず)み技術の利用・高誘電率絶縁膜の導入・立体構造の採用などのテクノロジーブースタ技術との併用が性能向上には必須となった。

テクノロジーブースタ技術による進歩を続けるには新しいアイデアを定期的に導入することが要求される。次のテクノロジーブースタ技術として期待されるのは、シリコン以外の材料による高移動度チャネルであり、p形チャネル材料としてはゲルマニウム、n形チャネル材料としてはInGaAs(インジウムガリウムヒ素)が予想されている。実際に必要なチャネルの厚さは薄いことから、SOI(シリコンオンインシュレータ)と同様の技術を用いて絶縁膜を介してシリコン基板上に薄膜チャネルが形成されると思われる。

この技術を論理回路以外に使ったときの効果を考えてみよう。ディスクリット部品としての高周波電子デバイスには移動度と基板絶縁性(低寄生容量)から化合物半導体が使われてきたが、InGaAsは一般的に使われるGaAsよりも高移動度の化合物半導体であること、アンテナスイッチでは既に高い絶縁性を持ったSOIによるシリコンでのスイッチが使われていることを併せ考えると、SOIと同様に絶縁膜を挟んでSi基板上に形成されたInGaAs高移動度チャネルは、増幅器自身の高性能化のための入力波形制御回路などのモノリシック集積をも可能にすることから、高周波デバイス分野のボリューム領域に高性能化と価格低下を巻き起こす可能性がある。

さらに、その波及効果を光の分野で考えてみよう。シリコンを光導波路に用いるシリコンフォトニクスは、導波路のコア・クラッド間の大きな屈折率差とシリコン集積回路の作成技術をあわせて、従来の石英系よりも微細な光回路

を形成することを可能として、波長多重通信回路の微細化などを可能にしつつあるが、ここに光通信の波長とほぼ同じバンドギャップを持つInGaAsがシリコン集積回路上に薄膜で形成可能になれば、発光・受光を含む、ほぼ全ての光通信に必要な機能を集積化することが可能になる。

InGaAs薄膜を集積回路上に形成可能になったときに、いままでの高周波・光デバイス業界はどうすべきだろうか？論理用最先端集積回路を形成する生産技術は国内には現在なく、高移動度チャネルが導入されるのも、このままでは国外のみであろう。するとその生産は海外のファウンドリに依頼する形になってしまう。しかしこれまでの高周波回路や光回路での経験は当然回路作成に重要であり、そのためファウンドリがプロセスを最適化できるかも疑わしい。一方、研究段階でファウンドリにおけるプロセス途中のウェーハを大学に渡して一部のプロセスをいれ、そのあとのプロセスを再度ファウンドリで行う例もあると聞く。高移動度チャネルの形成されたウェーハは、おそらくファウンドリではないSOI関連の企業が供給するだろうこと、次世代の露光機としてマルチ電子ビーム露光機の開発なども進んでいることも併せ考え、論理回路部分はファウンドリに依頼しつつ、心臓部だけを作る協力関係は考えられないだろうか？

さらに、昨年のノーベル賞で注目されたワイドバンドギャップ半導体GaN(窒化ガリウム)はハイパワー高周波デバイスの材料として重要だが、窒化ホウ素を中間層として薄膜のみの異種基板上転写が実現されている。したがってハイパワー高周波デバイス、さらにはGaNによるパワーデバイスをSi集積回路上の薄膜を用いて形成することも不可能ではないだろう。

集積化による高機能化・低価格化が半導体論理回路のたどった道である。高周波・光デバイスに集積化の流れを作る新しい技術が起きる可能性に注意を払うべきではないか？と思う。