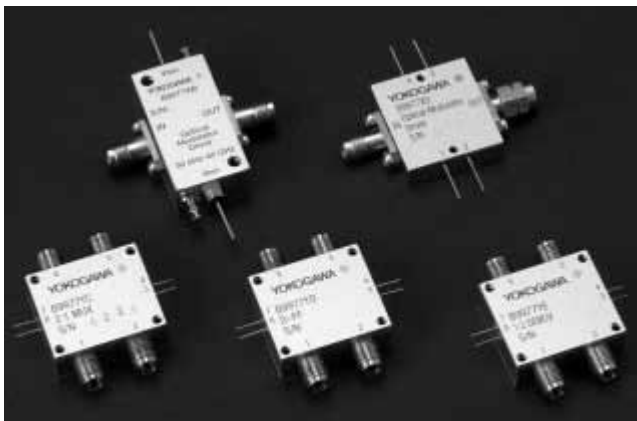


# 40Gbps光通信用 HBTモジュールの設計

内田賢治, 青木生朗, 三浦明, 井上真之介

通信容量の需要の増大にともなう、高周波のデジタル信号を扱った設計の機会が増えている。高周波のデジタル信号を扱う機器を開発するためには、高速に動作するICや広帯域の特性を実現するパッケージが必要となる。ここでは、40Gbps光通信におけるキー・デバイスである光変調器用ドライバ・モジュールを例に、高周波デジタル回路の設計手法について解説する。(編集部)

インターネットの普及などにより、通信で取り扱うデータ量は1年で2倍ほどの速度で増加しています。今のところ、この速度に対応し、通信の基幹系を支えることができる技術は光を利用したWDM(wavelength division multiplexing; 波長分割多重)以外には見当たりません(p.99のコラム「WDMとは」を参照)。現行のWDMシステムは10Gbpsのデジタル信号を使用する段階にあり、次世代として40Gbpsシステムの実現が期待されています。



〔写真1〕40Gbpsの光通信用HBTモジュール  
手前左から2対1のマルチプレクサ、Dフリップフロップ、1対2デマルチプレクサ、奥は光変調器用ドライバ(2種類)。

40Gbpsの通信速度では25psごとにデジタル信号が来ます。すなわち、次の信号が来るまでに真空中でも光が7.5mmしか進めません。実際のIC上では基板の誘電率の影響(波長短縮効果)を受けるため、電気信号は3mmほどしか進めません。この長さはICチップの寸法と同程度であり、熟慮を重ねたICレイアウトでなければ必要な特性を実現することができません。また、信号遅延は1ps以下のタイミングで合わせる必要があります。

40Gbpsのデジタル信号では、トランジスタのスイッチングに許される時間(立ち上がり時間)は約10psです。TTLの立ち上がり時間は約10nsですから、単純に計算すると約1,000倍速いことになります。かりにTTLの動作速度を人間が歩く速さに置き換えると、40Gbpsのモジュールの動作速度はマッハ3程度の超音速旅客機なみになります。超音速旅客機が速く飛ぶためには高性能のエンジンに加えて高性能の翼が不可欠のように、40Gbpsの信号を扱うためには高速動作するICに加えて広帯域の特性を実現するパッケージが不可欠です。

筆者ら(横河電機)は高速トランジスタであるHBT(hetero junction bipolar transistor)を使用して40Gbps光通信用のキー・デバイスである光変調器用ドライバ・モジュールを開発しました。2001年7月からES(engineering sample)品を供給しています(写真1)。本稿では、これらのモジュールのIC設計とパッケージ設計について解説したいと思います。

## ●IC開発とパッケージ開発を同時進行

IC自体は17年前から開発を続けていましたが、40Gbpsの光通信モジュールについては2000年8月から本格的に開発を開始し、同年12月末に1次試作品が動作しました。その後、改良を重ね、現在はES品の供給に

至っています。この開発のフローを図1に示します。

まず、機能、動作周波数、入出力レベル、コネクタなど、モジュール全体の仕様を決めます。仕様が定まると、フローはICの開発とパッケージの開発に分かれます。ただし、それぞれの部隊は同じフロアにいて、つねに互いの進捗状況を伝達し、手が必要なときには助け合いながら並行して開発を進めました。

ICの開発では、プロセスの選定からウェハ上での特性評価まで、各種の工程があります。高速ICは実測して初めて明確な動作が判明することが多く、試作の繰り返し（イタレーション）を経ずに完成度を上げることは困難です。筆者らは自前の製造プロセスを保有しており、すべての工程を自社で管理できます。このメリットを活かして、試作・開発を急ぐICは優先的にラインに流しています。ウェハの試作には200を超す工程があって通常は月単位の時間がかかりますが、筆者らの場合には、シミュレーションの開始から試作ウェハの完成まで3週間という実績もあります。

パッケージの開発は、コネクタやチップ部品の選定から始まり、機械図面の作成、切削、加工へと続きます。このうち、切削、加工の工程のみ精密加工の可能な短納期の業者に外注しています。

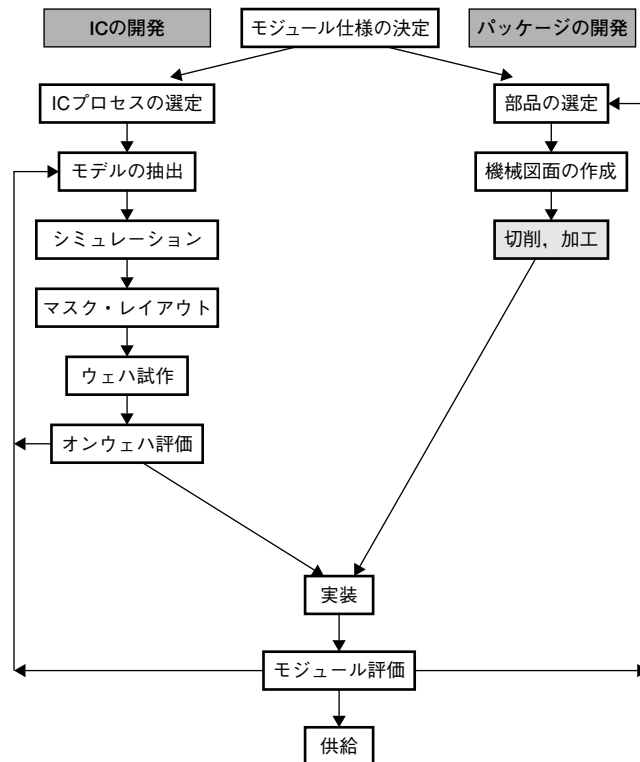
二つに分かれたフローは実装で合流し、モジュールを組み上げてその特性を評価します。その後、開発のフローへフィードバックし、必要に応じて改良を加えます。

## ● ICの設計工程

まず、ICの設計工程の詳細について説明します。

### 1) 機能に適した能動素子を選ぶ

デジタル信号が一定周期の方形波であれば取り扱い



【図1】モジュール開発のフロー

ICの開発とパッケージの開発を並行に進め、短期開発を実現した。パッケージの切削加工以外はすべて自社内部の工程である。

は容易です。しかし、実際の信号は複雑に変化します。デジタルICにとって特にやっかいな信号は間欠的な信号です。すなわち、一定レベルの信号が長時間続いた後、次の一発目の信号にデジタルICが追従できない場合があります。この現象をワンショット・エラーといいます。ワンショット・エラーは、例えてみると、長い休暇が続いた後、出社や登校した初日に思うように仕事ははかどらないようなものです。

## Column WDMとは

インターネットの普及とともに、通信容量の需要が増大しています。この問題への対応技術として、1本の光ファイバに多波長の光信号を乗せるWDM(wavelength division multiplexing)通信が使用されています。現在はさらなる大容量化をめざして、

- 1) 1チャンネル当たりの伝送速度の高速化
- 2) 光ファイバ1本当当たりのチャンネル数の増大

のための技術開発が進められています。前者については10Gbpsから40Gbpsの技術開発が進んでいる最中です。後者についてはチャンネル間隔を100GHzから50GHzや25GHzに詰めたり、従来の1550nm帯(Cバンド)に加えて1580nm帯(Lバンド)や1470nm帯(Sバンド)の開発を進めたりしています。