

2. MMIC の製品化・ビジネス入門

Yuichi Hasegawa

Eudyna Devices Inc.

1000 Kamisukiawara, Showa-cho, Nakakoma-gun

Tel: +81-55-275-4411, Fax: +81-55-268-0245, y.hasegawa@eudyna.com

Abstract

This sub-session covers the ways to create MMIC products in the business aspect. MMIC plays an important roll in the wireless communication systems. In order to make a MMIC product beneficial one has to understand rationality of selecting MMIC technology over other technologies. Device technology selection is also essential in order to optimize the MMIC performance for the particular application. The circuit design is important part of developing MMIC products, however, combination of efforts among each entity in a manufacturing organization is indispensable to success in creating high performance and quality MMIC products.

1. はじめに

現在、MMIC は量産実装時の安定性、高集積度、優れた高周波特性から携帯電話端末、及び基地局に代表される L 帯から自動車レーダーに代表されるミリ波帯までの RF システムに於いて広く使われており、マイクロ波デバイスビジネスの中心になりつつある。本サブセッションでは MMIC 回路設計を習得した技術者が、MMIC 製品を開発し市場に提供する場合に考慮すべき基本要素について紹介する。

2. 何故 MMIC か？

MMIC はマイクロ波デバイスの中でも、重要なコンポーネントといえる。携帯電話や WLAN の普及に見られるように、市場が要求するコストパフォーマンスに適合した MMIC 製品は無線システムを大きく進化させ、人々の生活を一変させる影響力を持つ。一方、いざ MMIC を製品化し、ビジネスに結びつけようとする場合、MMIC のを使用する妥当性の検討を無視すると、単なる自己満足に陥る可能性がある。

マイクロ波システムに使用される RF デバイスは大きく分けて、ディスクリートトランジスタ、HMIC (ハイブリッドマイクロ波 IC)、MMIC の形態がありそれぞれの特色に基づいて使い分けられる。MMIC を製品化する場合は上記選択しを十分吟味した上で、その妥当性を確認する必要がある。

表 1 より MMIC は RF システムを小型化するために、集積化が必要な場合、マイクロ波においても比較的高い周波数のシステムで量産したい場合に適しているといえる。一方で、汎用性は比較的低く、開発費用が高いため、システムの要求が明確で比較的長期間に渡って、ある程度の数量を見込めるアプリケーションを対象とすることが製品化の条件といえる。ただし、その集積性から少量ではあるが、特殊な用途に用いられる場合もある。

表 1 マイクロ波デバイスの形態と特徴

形態	集積度	機器サイズ	適用周波数	汎用性	開発費用	開発期間
ディスクリート	小	大	~ Ku 帯	高	低	短
HMIC	中	中	~ Ka 帯	中	中	中
MMIC	大	小	~ ミリ波	低	高	長

3. MMIC のアプリケーション

MMIC の製品化に際しては、使用可能なトランジスタ技術、設計技術、ターゲット市場、及びアプリケーションをすり合わせ、最も MMIC の特徴が活かせる製品を目標としたい。現在、MMIC 製品は図 1 に示すような、アプリケーションで使用されている。

無線システム市場において、MMIC の特徴が活かせるアプリケーションを分類すると次のようになる。

- ・有線固定通信の補完 (P-to-P 通信、通信)
- ・移動体システム (携帯電話、自動車レーダー)
- ・可動システム (WLAN 等)
- ・無線センサーシステム

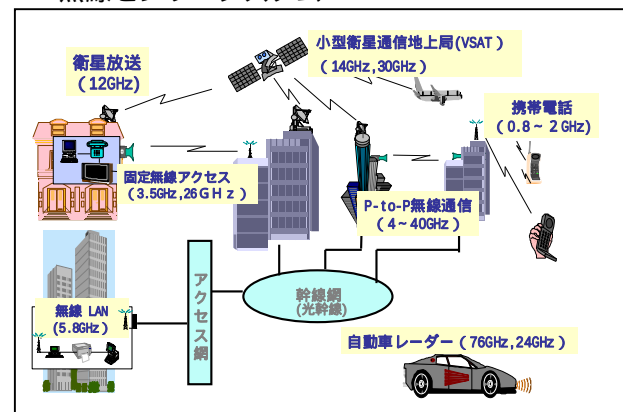


図 1 MMIC の主なアプリケーション

いずれのアプリケーションにおいても、RF送受信器の構成に必要な機能はほぼ共通しており、図2に示すようなブロックダイアで表される。

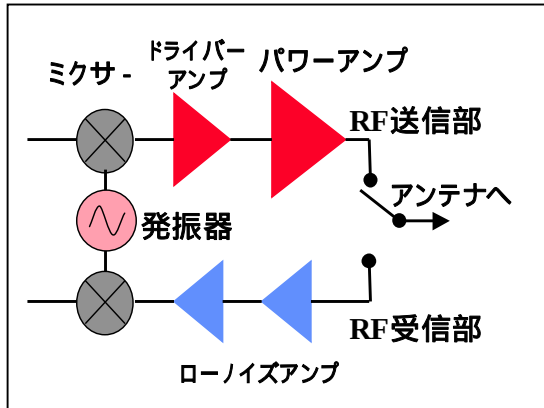


図2 RF送受信器のブロックダイアグラム

コスト、性能面で無線システムの品質を最も左右する機能は送信部のパワー・アンプといえる。パワー・アンプ MMIC に要求される機能はアプリケーションによって異なる。例えば、P-to-P 無線通信は大容量化のため、低歪特性が要求される。このような用途に用いられるトランジスタは周波数によって GaAsMESFET が GaAsHEMT であることが、一般的である。また、携帯電話向けには効率がよく、単一電源動作が可能な GaAsHBT が使用される。一方、SiGeHBT については、低コスト、高集積性の面から、当初携帯電話向けに期待されていたが、現在では WLAN 向けに使用されるに留まっている。今後はより高い周波数のアプリケーションへの展開が注目される。CMOS に関しては、巨大なデジタルデバイス市場を背景に、低コストでシステムオンチップ化が可能であることが特徴あるが、出力電力が低いことが制約事項となる。図3に各トランジスタ技術の特徴と代表的なアプリケーションを示す。

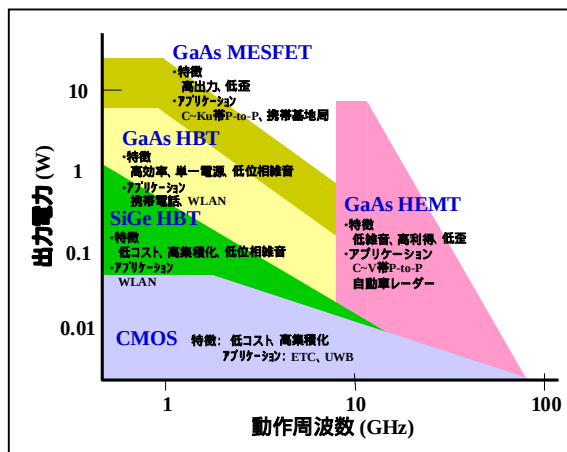


図3 トランジスタ技術とアプリケーション例

4. MMIC 製品化プロセス

MMIC の製品化までの流れは各メーカーによって異なるが、一般的には図4に示すようなフローで進められる。MMIC はディスクリートトランジスタや HMIC に比べて、量産性に優れる半面、チップ上に回路を作りこむため開発段階での回路修正の自由度が低い。また、開発期間も相対的に長い。よって、目標とする市場において、MMIC 製品のコストパフォーマンスを最大化するためには、市場・顧客調査によるニーズの掘り起こしと、それに対する自社技術とのすり合わせ（自社技術か、外部ファンドリかの選択を含む）に基づく目標仕様の設定作業が最も重要である。さら、回路設計段階のコストの作りこみと、量産性の作り込みを行うことによって、価値の高い MMIC 製品が実現できる。

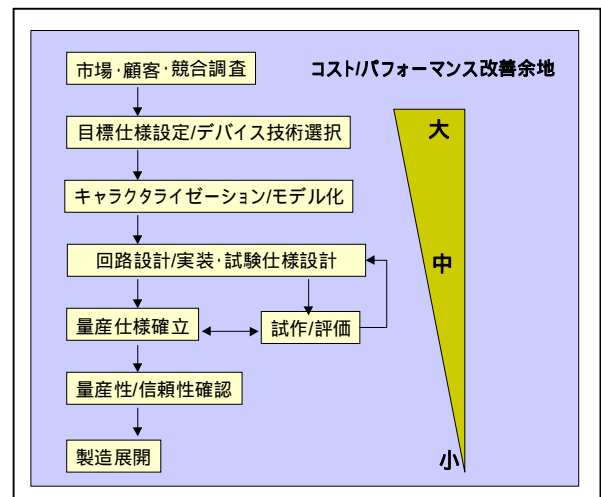


図4 MMIC 製品化フロー例

上記のような製品化プロセスにおいては、マーケティング、トランジスタ技術、設計、信頼性、製造、及びサプライチェーンを司る各セクションが一体となって、製品化検討を行うことが重要である。特に、関連部門を交えて行うデザインレビューを通した、目標仕様に関する課題の事前抽出は高い性能・品質の MMIC 製品を生み出すためのキーファクターといえる。

5. MMIC 製品例

5.1 マイクロ波通信用高出力 MMIC

図5に GaAsHEMT 高出力 MMIC チップの一例を示す。本製品は携帯電話基地局間のデジタルマイクロ波/ミリ波通信の送信アンプに使用されるが、高利得と高出力の必要性から、高耐圧構造の GaAsHEMT を使用しており、整合回路面では低歪化が図られている。本 MMIC は 15GHz 帯で動作し、線形利得 28dB、飽和出力

33dBm で、低歪化を目指した設計を行うことによって42dBmの3次インターセプトポイント（IP3）が得られており（図6）、昨今の大容量化要求に対応している。

送信系の最終段に使用される MMIC は、特に高い性能が要求されるため、トランジスタの特性を最大限に引き出す必要がある。このため、使用するトランジスタ及び受動回路の高精度なモデル化と、高い回路設計技術が必要とされる。

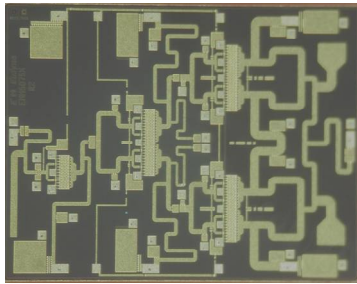


図5 15GHz帯 GaAsHEMT パワーアンプ MMIC チップ写真

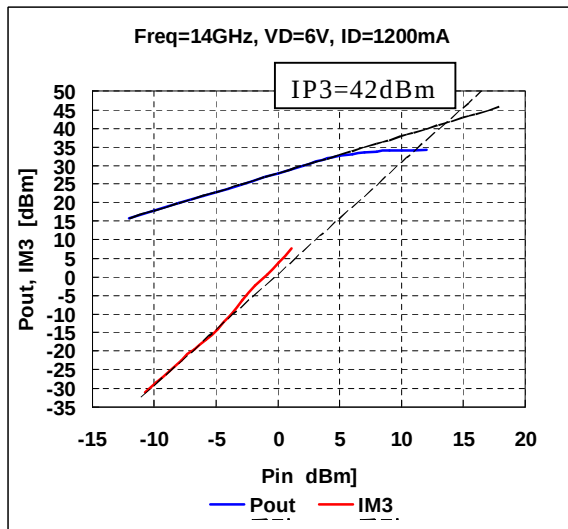


図6 15GHz帯 GaAsHEMT パワーアンプ MMIC RF 入出力特性と IP3

5.2 76GHz 自動車レーダー用送受信 MMIC

図7に76GHz自動車レーダー用に開発されたシングルチップ送受信 MMIC と、図8にこのような MMIC が搭載される、76GHz 自動車レーダーを示す¹⁾。本製品はミリ波帯で動作する高利得性能と高い飽和出力及び低い雑音指数を必要とされるため、トランジスタ技術として、ゲート長 0.15 μ m の GaAsHEMT を採用している。自動車レーダーに搭載するには小型化が不可欠であるため、高集積化への要求が強いが、一方で集積度の高い MMIC は汎用性が低いので、カスタム製品になりやすい。よって、システム側とのより密接な協力体制の下で、要求される機能

を精査し、目標仕様に取り込むことが重要である。

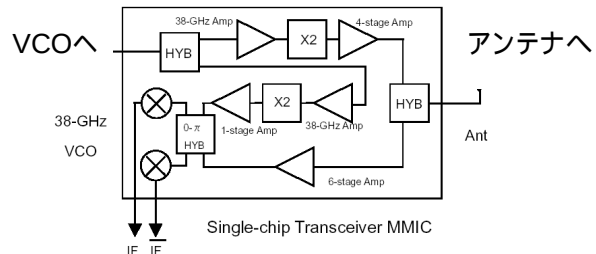
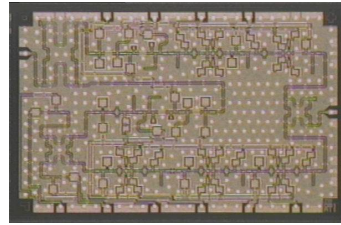


図7 76GHz 自動車レーダー用送受信 MMIC のチップ写真とブロック図



図8 76GHz 自動車レーダー

5.3 DBS 受信器用 MMIC

図9に DBS の LNB (Low Noise Block) のブロックダイアグラムと発振器 MMIC 及びコンバータ MMIC のチップ及びパッケージ写真を示す。DBSLNB の全世界の出荷台数は年間1億台といわれているが、本製品は各機能に対する性能の最適化と汎用性確保のために、あえて発振器機能とコンバータ機能を別々の MMIC にした構成になっている。これによって、高性能な LNB が高い量産性と低コストで実現できる。

発振器 MMIC には位相雑音に優れた仕様の MESFET 技術を用い、コンバータ MMIC には低コストで変換損の低い仕様の MESFET 技術を採用している。また、全世界の DBS 周波数帯域（12GHz帯）をカバーする汎用性の高い設計となっている。パッケージには、量産性が高く低コストのプラスチックパッケージを採用している。

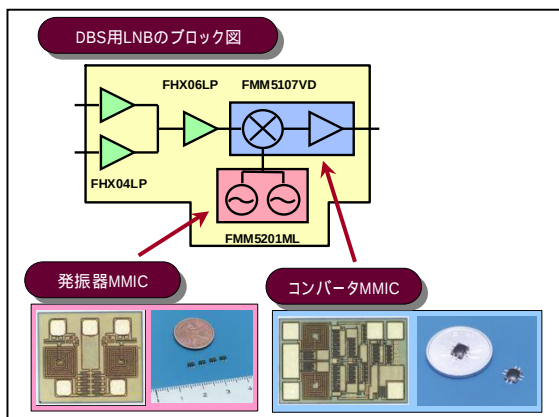


図 9 DBS 受信器用 MMIC

5 まとめ

以上、これから MMIC の設計者を目指す技術者が MMIC デバイスの製品化を進める際に必要と思われる基本的な事項について述べた

MMIC 設計者にとって回路設計技術は最も重要な要素であり、やりがいでもある。一方で、研究活動で無い限り、製品としての成立性（需要の有無・タイミング・コストパフォーマンスの優位性・量産性・信頼性）が十分検討されなければ、開発された MMIC 製品は十分ビジネスに寄与しない。

本サブセッションで述べた内容が、“売れる MMIC”を排出する設計者候補の参考になれば幸いである。

参考文献

1) 大橋洋二 他 “76GHz シングルチップ MMIC 高周波ユニットの開発” 富士通テン技報 Vol.20 No.1