



## 海外大学から学生を招聘して行う、 沖縄高専の取り組み

### マイクロ波帯高周波回路を設計/実装/評価する 体験研修の現場から

知念 幸勇

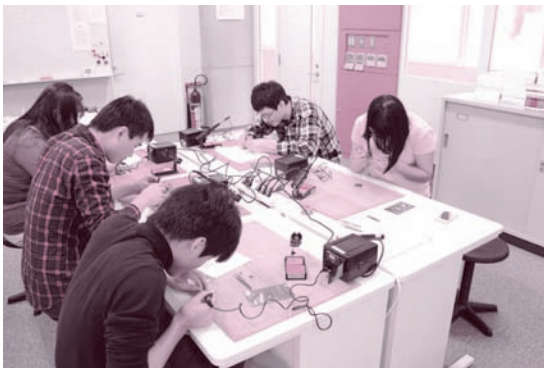
Koyu Chinen

#### 1 はじめに

近年、ICTの急速な発展にともない、多くの若者がパソコンやスマートフォンを扱うことに慣れてきました。他方、実際にものに触れたり、何かを作ったりする機会が急速に失われつつあるように感じられます。

高周波回路の分野でも高性能なEDAツールによる回路設計が盛んで、もの作りを通じた体験的な設計が少なくなってきました。日本の電子産業でも、高品質なもの作りによる製品や技術における優位性が失われつつあるのではないかと危惧しています。

経済発展の著しいアジアの若者の現状はどうかと関心を持ちながら、高専における設計ともの作りの融合教育の推進<sup>(1)</sup>を考えていたところ、このほど、アジアの学生を招聘して、短期間に簡単な高周波回路を



〈写真1〉研修中のようす(半田付け作業中)

設計/製作する機会がありましたので、その実施内容について紹介します。写真1はその一場面です。

#### 2 さくらサイエンスプラン

平成26年4月から、独立行政法人 科学技術振興機構は「日本・アジア青少年サイエンス交流事業」(さくらサイエンスプラン)<sup>(2)</sup>を開始しました。これは「産学官の緊密な連携により、優秀なアジア地域の青少年が日本を短期に訪問し、未来を担うアジア地域と日本の青少年が科学技術の分野で交流を深めることを目指し、アジア地域の青少年の日本の最先端の科学技術への関心を高め、日本の大学/研究機関や企業が必要とする海外からの優秀な人材の育成を進め、もってアジア地域と日本の科学技術の発展に貢献する」ことを目的としています。

沖縄高専は、さくらサイエンスプラン(年3回募集)に、開始時期から5回申請し、5回採択されました。採択されたコース名、期間、招聘機関、招聘学生の構成を表1に示します。

沖縄高専におけるプログラムの目的と特徴は、同高専にある研究/教育設備を活用して、日本のもの作りをベースにした実践的な回路設計を体験的に学ぶことです。具体的には、情報通信システム工学科にある無線通信、電子回路の研究設備/環境を活用して、高周波回路の設計/試作/評価の一連のプロセスを体験しながら実践的な設計能力を短期間に身につけることです。

〈表1〉沖縄高専におけるさくらサイエンス・プログラムの実施例

プログラム実施日	期 間	コース	招聘機関	招聘学生の構成
2014年9月29日	10日間	科学技術体験コース	Temasek Polytech(School of Informatics & IT), シンガポール	学部10名
2015年1月19日	10日間	科学技術体験コース	国立台北科技大電資学院(電気・電子コンピュータ学部), 台湾	博士1名, 修士3名, 学部3名
2015年7月8日	10日間	科学技術体験コース		修士1名, 学部6名
2016年2月25日	14日間	共同研究コース		修士2名
2016年7月11日	10日間	科学技術体験コース		修士5名, 学部5名

### 3 研修プログラム内容

さくらサイエンスプランの科学技術交流コースは、プログラム期間が10日以内と短期間であり、その中で「日本の最先端の科学技術への関心を高める」ことが求められています。プログラムには、異文化交流、体験授業、他研究機関訪問なども組み込まれるため、実質的に高周波回路設計に携わる期間は1週間程度です。

したがって、表2に示すように、回路シミュレータ習得1日、回路設計2日、レイアウト/実装3日、測定/評価1日のスケジュール配分です。参加する学生は専門外も含め、学部生から博士課程の学生まで多様なバックグラウンドを持ち、半田ごてを使用した経験のない学生もいます。体験する高周波回路はHEMTを使った1～3GHzで動作する低雑音増幅器(LNA)です。

### 4 EPHEMTについて

#### 4.1 HEMTとは

GaAs HEMTは1979年に富士通の三村氏らが発明した低雑音トランジスタで、雑音指数(NF)が0.3 dBと小さいため、衛星放送をはじめ多くの無線機の受信器に搭載され、今では年間10億個が生産され、日本

〈表2〉高周波回路設計研修プログラムのスケジュール

日程	研修内容
1日目	●高周波回路シミュレータ(MicrowaveOffice)操作法の習得
2日目	●理想素子(集中定数素子)を使用したLNA回路設計(ゲイン10 dB以上, NF1.2 dB以下@2.5 GHz) ●ベンダ提供のSパラメータを使用した回路設計 ●マイクロストリップ・ライン・モデルやEPHEMTのドレイン電圧や電流を変えた場合のLNA回路設計
3日目	●回路基板レイアウトの選択 ●回路レイアウトに合わせた再シミュレーション ●表面実装部品(1608サイズ)の半田付け作業
4日目	●表面実装素子(1608サイズ)の半田付け作業 ●DC動作チェック
5日目	●スペクトル・アナライザとノイズ・ソースによるゲインとNFの測定 ●回路素子変更による再シミュレーション ●表面実装部品(1608サイズ)の再実装
6日目	●電波暗室内でホーン・アンテナに接続し、2.5 GHz帯無線LAN親機からの放射電界スペクトルと強度角度分布を測定
7日目	●IEEE802.11ac規格OFDM信号のコンスタレーションとEVMを測定 ●実習内容(LNA回路設計, 実験結果, 考察)に関する報告書作成

の最先端技術の一例として世界に誇れるものです<sup>(3)</sup>。

GaAs HEMTは、n-Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>As層から不純物散乱の少ないi-GaAs層に電子を供給することで、2次元電子ガス(2DEG)のチャネルを形成する変調ドーブ法を応用した構造により、高移動度の低雑音FETを実現しています。

HEMTはゲート電極側にあるn-Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>As層から電子を供給しているためディプリーション・タイプ(ノーマリオン)の動作特性を示し、回路応用では正負の2電源が必要です。

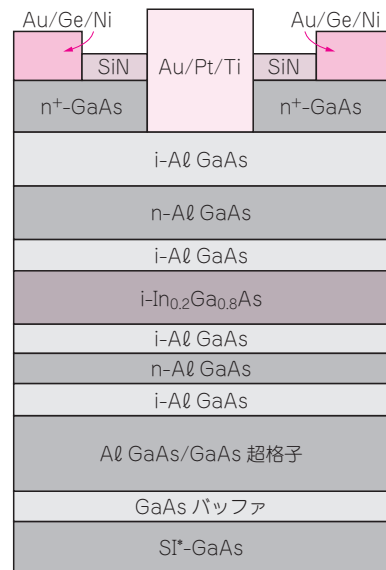
その後、GaAs( $\mu_{300K} = 8000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ )よりも移動度が高いIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $\mu_{300K} \approx 33000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ )が注目されましたが、格子定数が5.653～6.058 Å<sup>(1)</sup>(1 Å = 0.1 nm)とGaAsの5.653 Åに比べ大きく、GaAs基板を使う場合、格子不整合の問題が生じます。

InP(格子定数5.867 Å)基板を使用することで組成比をx = 0.53まで高めて移動度を高くすることができますが、製造コストがGaAs基板に比べ5倍ほど高くなります。したがってGaAs基板を使用する場合は疑似格子整合による結晶成長が必要です。

#### 4.2 EPHEMT

アバゴ・テクノロジー社(旧HP社)はIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asチャネル層をもつエンハンスメント・タイプ(ノーマリオフ)のEPHEMT(Enhancement Pseudomorphic HEMT)を1980年代に開発し、1997年から量産化しています。

EPHEMTの素子構造の一例を図1に、エネルギー・バンド構造を図2に示します。GaAs基板を使用して



\* ▶ Semi-Insulating(半絶縁性)

〈図1〉EPHEMT素子の構造例