

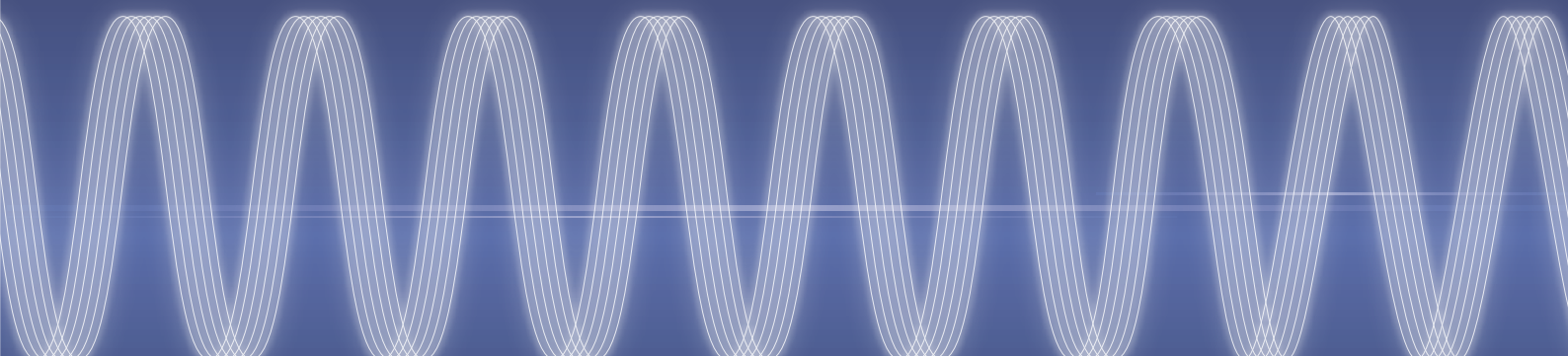
島田理化技報

No.25(2016)

SPC Technical Report

記念特集

- 社会に貢献する電子・通信機器
- 省エネ、省力化で社会に貢献するIH新技術



目次

■巻頭言

創立70周年を迎えて	1
齋藤 淳	

■寄稿

無線通信用受信機技術	2
金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科 教授 伊東 健治	
スマートモビリティ社会の非接触給電技術	8
埼玉大学 理工学研究科 数理電子情報部門 教授 金子 裕良	

■70周年特集論文

社会に貢献する電子・通信機器	14
萩原 栄治 森 智之 浅利 哲 四分一 浩二	
省エネ、省力化で社会に貢献するIH新技術	22
片岡 辰雄 田内 良男 高木 聖二	

■特集論文

VSAT用デュアルバンドKa帯低雑音受信器	28
津野 二郎 笠原 庸司 森 智之	
次世代自動車用走行中非接触給電システム向け高周波電源	32
高田 太郎 田内 良男 石間 勉	

■製品紹介

2GHz帯Low Noise Amp	36
電力合成用切替器	37
IHハンディー式加熱装置	38
薄板（鋼材、非磁性材）用誘導加熱装置	39

■特許紹介

導波管サーキュレータ 特許第5766838号	40
誘導加熱コイル 特許第5865857号	41

■特許登録紹介	42
---------------	----

■ 巻頭言

創立70周年を迎えて



代表取締役社長
齋藤 淳
Jun SAITO

おかげさまで、鳥田理化工業は今年、12月8日をもって、満70周年を迎えました。これも偏に当社製品をご愛顧頂いたお客様をはじめ、関係各社、協力会社の皆さまの賜物に他なりません。厚く御礼申し上げます。

昭和21年の12月に鳥田理化工業を創業し、戦後の日本の発展とともに、70年間、通信・電子・産業機器分野で一貫して「WAVE」に総称されるマイクロ波・ミリ波、高周波誘導加熱技術を軸とした機器を作り続け、通信インフラシステム、空港用レーダシステム、交通インフラ用通信システム、誘導加熱を利用した工場の生産設備等にご利用いただいております。これらの社会インフラシステムや工場で生産された物品は我々の生活に必要な不可欠なものとなっており、活力ある豊かな社会の実現に微力ながら貢献することができたと考えております。

創立70周年の節目に当たり、これまでの事業を振り返り、今後、当社として取組むべき目標について述べたいと思います。

当社の歴史の中でも、日本の産業構造の変化に伴い、大きな節目がいくつかありました。この10年間でも、超音波洗浄事業からの撤退や昨年の移動体通信関連事業からの撤退等、年々加速している技術革新のスピードとそれに伴う低価格化の進行に対して常に先を行く新製品の開発や、QCDの更なる強化が課題となっております。

規模を確保しつつ、経営の安定化を目指すには、当社の保有技術の中で「強い技術をより強く」、「強い技術を核とした新規事業分野の創出」を念頭にメリハリのある、技術開発が重要になっております。

ありがたいことに、ミリ波通信の応用分野、衛星通信・測位の応用分野、非接触給電の交通システムへの応用分野、産業IH機器の架橋・道路補修への応用分野等の新規事業分野で、当社のこれまでの実績を評価頂き、多くの参画の機会を得ています。

この技報では、今後の当社の新規事業分野の核となる技術の「無線通信用受信機技術」と「スマートモビリティ社会の非接触給電技術」について寄稿いただくとともに、70周年記念特集論文として「社会に貢献する電子・通信機器」、「省エネ、省力化で社会に貢献するIH新技術」と題してこれまで当社で開発した機器の紹介を行うとともに、新規事業分野の中から「VSATデュアルバンドKa帯低雑音受信器」と「次世代自動車用走行中非接触給電システム向け高周波電源」について紹介致します。

この70周年を一つの節目として心を引き締め、これまでの技術へのこだわりと品質への取り組みに加え、生産効率化による短納期化・低価格化を更に進め、お客様のニーズに的確に応えられる魅力的な会社を目指して取り組んで参ります。今後ともご愛顧賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

■ 寄稿

無線通信用受信機技術

金沢工業大学
工学部 電子情報通信工学科
教授
伊東 健治
Kenji ITOH



1. まえがき

携帯電話に代表される無線通信機器では、様々な機能が集積化され、絶え間ない高度化のもとにある。携帯電話では、第2世代での音声通話、無線インターネットに加え、第3世代以降での回線の高速化にともない、無線インターネットによるシームレスなPC環境の実現ができており、このような携帯電話の高度化に対し、送受信機の集積化・小形化が大きく貢献している。送受信機の集積化にあたり、半導体の微細化は勿論のこと、無線回路技術、さらには送受信機のアーキテクチャの技術開発が大きく貢献している⁽¹⁾。

将来のネット社会の高度化に向けて、様々な機器をインターネットに接続するIoT (Internet of Things) の実現が進められている。携帯電話同様、送受信機を高性能、安価かつ小形に実現することが求められている。また衛星通信や地上通信など様々な従来からの無線通信システムにおいても、小形化、低価格化は求められており、携帯電話で急速に進化した送受信機技術の適用が課題となっている。本稿ではこのような認識のもと、無線通信用受信機に焦点をあて、その基礎技術をまとめる。

2. 無線通信用受信機への要求性能

2.1 受信機性能の規格と劣化要因

無線通信用受信機では、感度性能のほか、耐干渉性の定量評価を目的に、様々な受信性能が定義されている。以下、規格で定義される受信性能の概要について述べる。表1に主要な受信性能に関する回路性能をまとめる。

受信感度は受信可能な希望波の最低レベルである。このとき受信感度点での所定の通信品質（アナログFM通信でのSINADや、デジタル通信

表1 主要な受信性能と関係する無線回路の性能

受信性能	関係する無線回路の性能
1. 感度	(1) 雑音指数 (2) 送信波による雑音特性の劣化 ・受信機の飽和による雑音指数の劣化 ・送信波の受信帯雑音 ・ミクサの2次ひずみによる送信波の自己検波(DCR) (3) 復調性能 (4) 無線回路による復調性能の劣化 ・局部発振器の位相雑音 ・受信フロントエンドの非線形ひずみ ・受信フィルタの線形ひずみ ・直交検波時のベクトル誤差
2. 隣接チャンネル選択度	(1) 受信フィルタの減衰量 (2) 干渉波のスペクトル広がり ・局部発振器の位相雑音 ・受信フロントエンドの3次・5次ひずみ ・受信フロントエンドの混変調ひずみ (3) 干渉波の自己検波(DCR) ・ミクサ、ベースバンドの2次ひずみ
3. 相互変調特性	(1) 受信フロントエンドの3次ひずみ (2) 受信フィルタでの干渉波の減衰量
4. ブロッキング	(1) 干渉波周波数でのRF-BPFの減衰量 (2) 干渉波周波数でのミクサのスプリアス応答 (3) 受信フロントエンドの飽和特性

(DCR)はダイレクトコンバージョン受信機固有の劣化要因

での符号誤り率など)も規定される。受信感度は受信機の熱雑音と復調性能とから与えられる。高感度化のためには、雑音指数の改善、付加雑音の抑制、復調性能の劣化(位相雑音、線形/非線形ひずみ、直交ミクサのベクトル誤差)の抑制が必要である。付加雑音には、送受信を同時に行うシステムでの送信波の干渉(雑音指数の劣化。ダイレクトコンバージョン受信機での送信波の包絡波成分のベースバンドへの干渉)などがある。

隣接チャンネル選択度は、隣接チャンネルに高レベ

ルの干渉波を加えた時の受信品質の規定であり、主に受信フィルタの減衰量に関する評価項目である。隣接チャネル選択度の劣化要因としては、(a) 局部発振器の位相雑音による干渉波のスペクトルの広がり、(b) 3次ひずみによる干渉波のスペクトルの広がり、(c) 直交ミキサの2次ひずみによる干渉波の包絡線成分のベースバンドへの干渉（ダイレクトコンバージョン受信機の場合）、(d) 送信波に起因する混変調ひずみによる干渉波のスペクトルの広がり（W-CDMA方式など送受信を同時に行うシステムの場合）がある。

相互変調特性は隣接チャネルと次隣接チャネルとに高レベルの二信号の干渉波を加えた時の受信品質の規定であり、主に受信機の3次相互変調ひずみに関する評価項目である。

ブロッキング特性は任意の周波数に高レベルの干渉波を加えた時の受信品質の規定であり、主に受信ミキサのスプリアス応答特性と受信機のフィルタの減衰量に関する評価項目である。

2.2 システムによる要求性能の違い

以上述べた受信機への要求性能は、システムによって大きく異なる。携帯電話などの陸上移動通信では、伝搬距離が短く、受信感度への要求は緩い。一方、複数の基地局からの干渉は厳しい。そのため、受信フロントエンドの非線形ひずみを強く抑制する必要がある。一方、衛星通信では伝搬距離が極端に長く、受信感度への要求は厳しい。一方、特に静止軌道の衛星を用いた通信では、高アンテナ利得が必要とされるために、アンテナの覆域は限られ、他システムからの干渉は低レベルである。また中継器内の通信波の電力のばらつきは小さく、通信チャネル間の干渉も低レベルである。従い、受信フロントエンドの非線形ひずみへの要求は緩い。

また多重方式によっても、受信機への要求性能は異なる。符号分割多重方式（CDMA）では、受信フロントエンドの非線形ひずみによる干渉波が復調器での逆拡散演算により抑制されるため、周波数分割多重方式（FDMA）や時分割多重方式（TDMA）と比較し耐干渉性は向上する。

これらのシステムの違いによる要求性能の違いを把握したうえで、次節で述べる最適な受信機構成を選択する必要がある。

3. 無線通信用受信機の構成

3.1 基本構成

図1に無線通信用受信機の代表的な構成例を示す。同図(a)はスーパーヘテロダイン受信機、同図(b)はダイレクトコンバージョン受信機である。

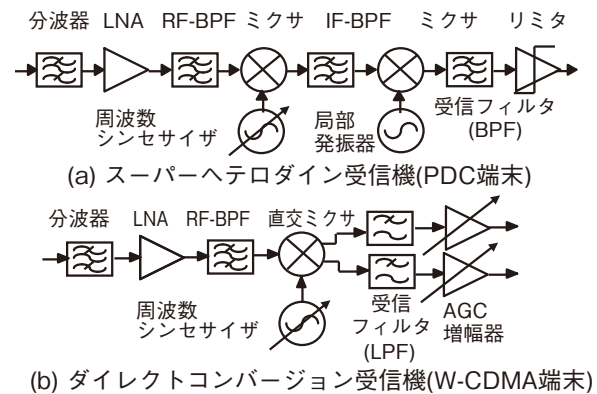


図1 無線通信用受信機の代表的な構成例

無線通信用受信機としては、1918年にArmstrongが完成させたスーパーヘテロダイン受信機⁽²⁾が主流である。段階的に増幅・周波数変換・ろ波を行うことで、感度特性と耐干渉特性の両立が容易である。通信チャネルの選択は最後段の帯域通過フィルタで行う。

ゼロIF受信機、ホモダイン受信機とも呼ばれるダイレクトコンバージョン受信機はRF信号をベースバンドに直接周波数変換する構成の受信機である。通信チャネルの選択はベースバンドの低域通過フィルタで行う。このような直接周波数変換の構成は、1920年代から検討されている⁽³⁾。しかし固有の感度劣化の問題により近年まで広く用いられなかった、ダイレクトコンバージョン受信機は、IFの受信フィルタが不要で、受信機の全半導体集積化に適する。そのため半導体集積度の向上に伴い、コンシューマ用受信機の小型化、経済化の観点で検討が進められてきた。1980年代には比較的实现が容易なFM放送やページのFM受信機のダイレクトコンバージョン化が行われた⁽⁴⁾。1990年代に入り第2世代携帯電話の普及とともに、携帯電話用ダイレクトコンバージョン受信機が検討され、GSM端末で実用化がなされた⁽⁵⁾。2000年代に入りN-CDMA端末やW-CDMA端末での実用化がなされた⁽⁶⁾。このように受信機構成の進化は、通信方式や半導体技術の進展と協調した進化を遂

げている。とりわけ移動通信用ダイレクトコンバージョン受信機は、半導体への受信回路の集積化を行うことにより実現している側面がある。

ダイレクトコンバージョン受信機の様々な問題(DC オフセット, $1/f$ 雑音など)を避けるために考案されたのが低 IF 受信機⁽⁷⁾である。図2に低 IF 受信機の基本構成を示す。中間周波数をベースバンド帯域に設定し、ダイレクトコンバージョン受信機固有の問題を避けるとともに、回路実装上はダイレクトコンバージョン受信機と同等の小形化を狙っている。このシステムでは、イメージ抑圧形ミキサを用い、回路的にイメージ応答を抑制するが、その抑圧量は低い(20~40dB 程度)。そのため隣接の通信チャネルに対する応答の抑制が強く求められない場合(通信チャネル配置をインターリーブしている移動通信や衛星通信)での適用に限られる。またイメージ抑圧形ミキサの後段の IF 周波数における機能は、通常、AD 変換後のデジタル信号処理で実装される。

3.2 アナログ回路 / デジタル信号処理の分担

図1および図2に示した受信機のブロック図は、機能ブロック図であり、それぞれの機能がアナログ回路あるいはデジタル信号処理で実装される場合がある。近年の半導体の高速化により、AD 変換の高速化・高分解能化が実現されるとともに、論理回路や DSP などのプロセッサの高速化により、デジタル信号処理の分担領域は拡大する傾向にある。デジタルフィルタでは容易に線形ひずみのない特性が実現できることから、とりわけ携帯電話基地局や衛星通信地究局のように、高性能が要求される場合に用いられる。

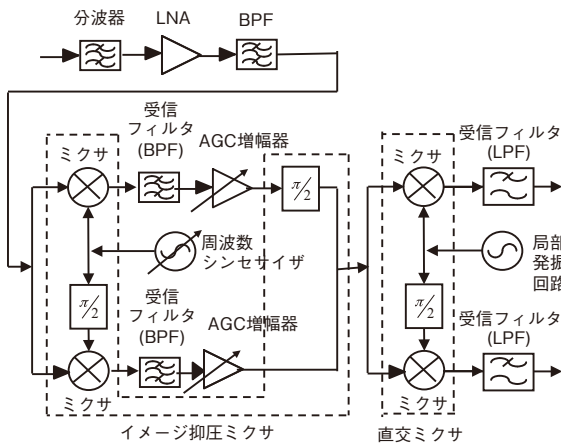


図2 低 IF 受信機の基本構成

AD 変換器にはアナログ回路の非線形性、変換精度に起因する広義の非線形性が存在し、入力信号に対する数 1000 次にも及ぶ高次の高調波が折り返し雑音となり、ダイナミックレンジを制限する点を留意しなければいけない。高速 AD 変換器を用いデジタル信号処理で利得制御を行う受信機では、信号レベルの変動に AD 変換器のダイナミックレンジを大きく割り当てるため、AD 変換器の折り返し雑音を劣化要因として考慮する必要がある。

4. ダイレクトコンバージョン受信機の実用化

4.1 実用化する上での課題

ダイレクトコンバージョン受信機は中間周波数を用いない構成なので、小形化・集積化に適する利点がある。しかしながら図3に示す干渉による感度劣化の問題は深刻であり、実用化されてこなかった。同図 (a) は干渉の経路、(b) は LO 波のアンテナへの干渉により生じる LO 波の自己検波、(c) は外部からの近接 2 周波数の干渉波により生じる IM2、(d) は分波器や筐体内からの漏洩による送信波の包絡線検波である。このように干渉波はベースバンド帯域に変換され、微弱な受信波に対する妨害波となる。これらは直交ミキサの 2 次の非線形性に起因するものである。また局部発振波の自己検波により生じる直流成分 (DC オフセット) は受信信号より遥かに高レベルであり、伝送符号に大きな誤差を与える。

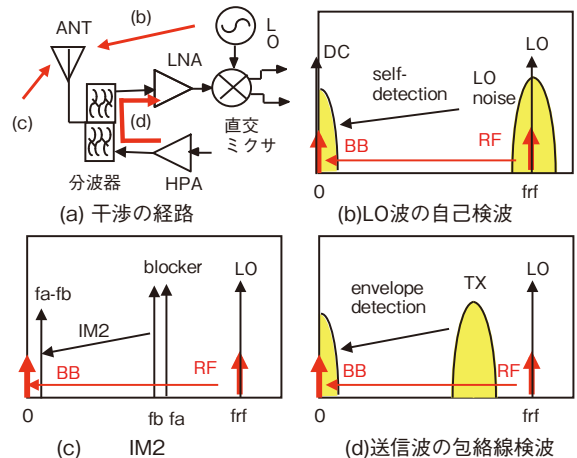


図3 ダイレクトコンバージョン受信機の感度劣化要因

このような問題に対し、(a) 偶数次の非線形性を抑制した受信ミキサの開発、(b) ミキサ局部発

振周波数と局部発振器の出力周波数を違える，(c) 受信機全体の集積化によるブロック間の結合の抑制，などの工夫が行われ，第三代携帯電話では実用に供している。

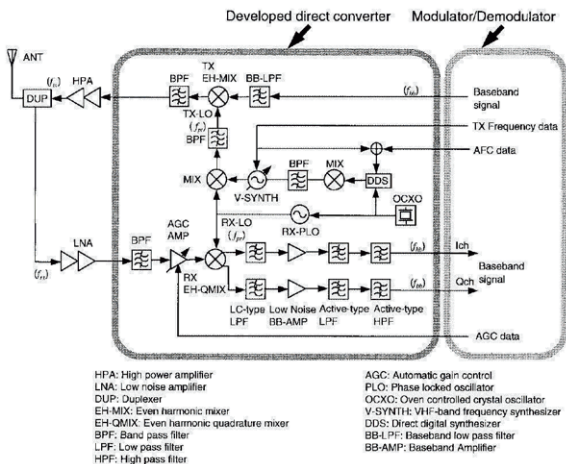


図4 全体のブロック図

4.2 ダイレクトコンバータを適用した X 帯衛星通信用送受信機⁽⁸⁾

ここでは筆者らが開発した X 帯衛星通信用送受信機を示す。図 4 に全体のブロック図を示す。小形化のために受信機のみならず送信機もダイレクトコンバージョン方式を用いている。ここでは，ミキサの偶数次の非線形性による特性劣化を抑制するために，偶高調波ミキサを用いている。図 5 に偶高調波ミキサの構成を示す。半導体集積化されたアンチパラレルダイオードペアを用いることにより，偶数次の混合波はダイオードペアにより高精度にキャンセルされる。また 3 次の相互変調ひずみによる特性劣化を抑制するためにダイオードペアを直列に接続し，高出力化している。局部発振周波数は受信周波数の半分であり，直接の干渉を避けることができる。まだミキサから出力される直流成分を HPF により抑制している。DS-CDMA 方式の復調器と組み合わせ受信機を構成するため，受信信号の直流成分を抑制しても問題はない。図 6 に X 帯受信機の符号誤り率を示す。X 帯での折り返し試験結果は IF 帯での結果と同等であり，ダイレクトコンバージョン化による劣化は見られない。

4.3 第 3 世代携帯電話用ダイレクトコンバージョン受信機⁽⁶⁾

ここでは筆者らが開発した第 3 世代携帯電話用ダイレクトコンバージョン受信機を示す。W-CDMA

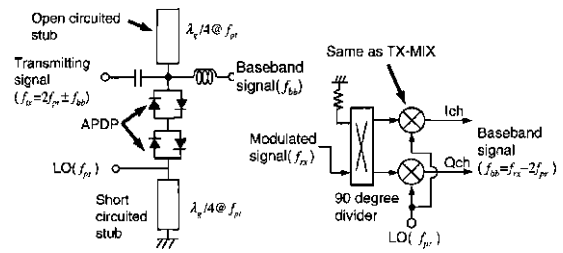


図5 偶高調波ミキサの構成

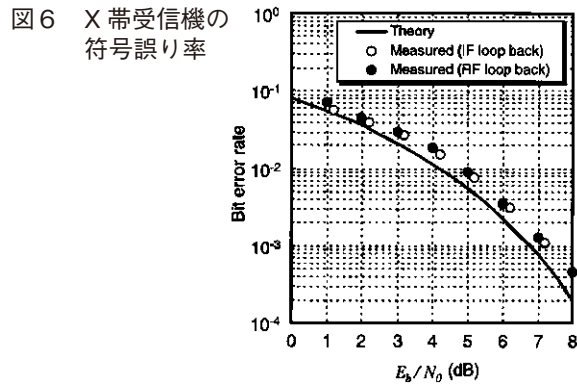


図6 X 帯受信機の符号誤り率

方式携帯電話としては，初めて商用に供されたダイレクトコンバージョン受信機である。図 7 に全体構成、図 8 に LTCC 受信フロントエンドモジュール，図 9 にアナログベースバンド(ABB)-IC を示す。

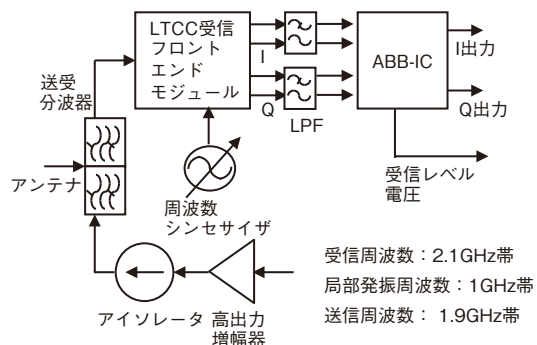
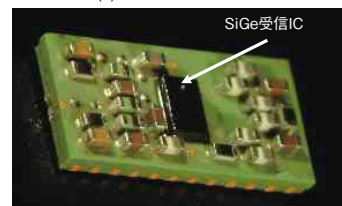
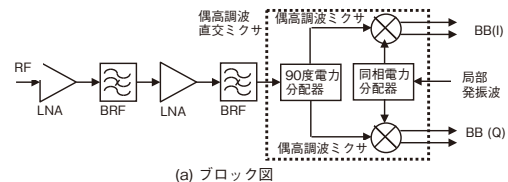


図7 第3世代携帯電話用ダイレクトコンバージョン受信機の全体構成



(b) 外観 (5mm x 10mm)

図8 LTCC 受信フロントエンドモジュール

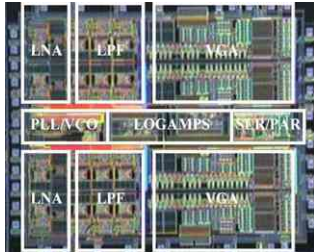
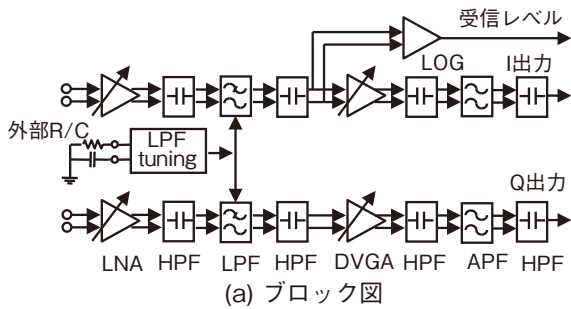


図9 アナログ・ベースバンド(ABB)-IC

4.2 と同じく、偶高調波ミキサを用い偶数次の非線形性による特性劣化を抑制している。低雑音増幅器 (LNA) と偶高調波直交ミキサ用ダイオードを SiGe 受信 IC で1チップ化し、受動回路を構成する低温焼成多層誘電体 (LTCC) 基板を用いモジュール化している。

待ち受け時間を延伸するために LNA のバイアス電流を抑制し、大電力入力時に低ひずみ化のために電流を増やす機能を持つバイアス回路を接続している⁽⁹⁾。偶高調波ミキサにおいては、局部発振電力依存性を抑制するために自己バイアス抵抗を設ける構成としている⁽¹⁰⁾。

ABB-ICにおいて、低雑音増幅器(LNA)、受信フィルタ (LPF および遅延等化用 APF)、AGC 増幅器 (DVGA)、DC オフセット電圧抑制用 HPF、受信レベル検出用対数増幅器 (LOG) を集積化している⁽¹¹⁾。W-CDMA 方式では、送信と受信を同時に行うため、受信機への送信波の漏洩がある。ダイレクトコンバージョン受信機の場合、2次の非線形性により、この送信波がベースバンドへ周波数変換され感度劣化要因となる。ここでは偶高調波ミキサを用いることにより、受信機として2次ひずみのインターセプトポイント (受信機入力端) として 30dBm を得、感度劣化を抑制している。

図 10 に送信波による感度劣化の様子を示す。感度規定点で 0.2dB 以下の劣化である。

5. 半導体集積化

今まで述べてきた受信機の基本構成はアームストロングの時代から一世紀近く、大きくは変わっていない。真空管からトランジスタ、IC へと進化するなかで、半導体技術の適用により、より高性能、高機能、小形そして低価格な装置が実用化されてきた。前述のダイレクトコンバージョン受信機の携帯電話への応用にあたって、半導体の進化が実用化のキーとなっている。すなわち、2次の非線形性による感度劣化を抑制するために、

- (a) レイアウトの対象性の良好な平衡形ミキサ (偶高調波ミキサを含む) を構成し、回路内で2次ひずみを抑制,
- (b) 集積化により回路の実装面積が波長に比べ非常に小さくなるため、回路ブロック間の結合・干渉が抑制,
- (c) スロット毎に DC 出力を検出, キャンセルする仕組みを実装 (GSM のような TDMA の場合), など様々な工夫がされている。

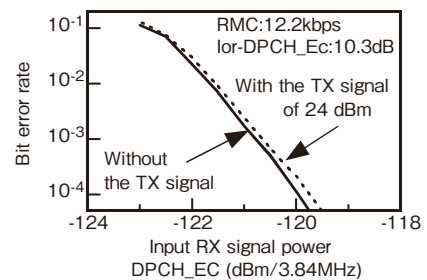
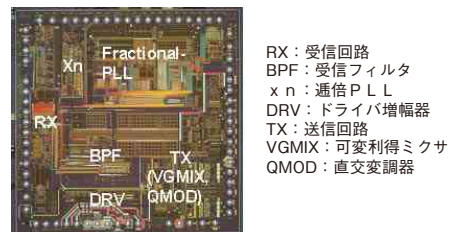
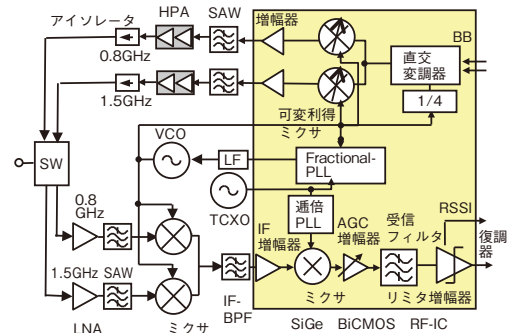


図 10 送信波による感度劣化の様子



(a) RF-ICのチップ写真(0.25mm SiGe BiCMOS, 3.35mm角)



(b) PDC端末用無線回路のブロック図
図 11 PDC 方式携帯電話の送受信機

先端的な Si 半導体による携帯電話用回路の集積化への適用が視野に入ったのは 1990 年代後半の $0.25\mu\text{m}$ のプロセス以降である。不断の半導体プロセスの進化により、現在では 100GHz を超える周波数帯域まで、半導体集積化を行うことが「技術的には」可能となっている。しかしながら微細化の進展にともない、IC の開発も高コストとなっており、集積化された無線回路が適用されているのは携帯電話、WiFi、Bluetooth などに限られている。

ここでは開発例としてヘテロ接合により高性能化された SiGe バイポーラトランジスタを用いた $0.25\mu\text{m}$ BiCMOS プロセスによる RF-IC を用いた PDC 方式携帯電話の無線部を示す。図 11 に RF-IC を用いた PDC 方式携帯電話の送受信機を示す。デュアルバンド化による送受信機の大形化を RF-IC により抑制している。また受信機の小型化・低価格化のために第二中間周波数 (450kHz) の帯域通過フィルタ (BPF) を IC 化している。IC 化による雑音とひずみの問題を解消するために内部で利得制御を行っている。

4. むすび

無線通信用受信機技術について、その要求性能、基本構成について俯瞰的に述べるとともに、近年の大きな技術的課題であり成果であったダイレクトコンバージョン受信機を取り上げ、解説した。さらに、受信機技術の進展の背後にある半導体集積化についても述べた。紙面の関係上、限られた内容になっているが、より詳しい内容は筆者らが出版した文献 (1) を参考にして頂きたい。

参考文献

- (1) 野島俊雄, 山尾泰, 高野健, 伊東健治, 橋橋祥一, “モバイル通信の無線回路技術,” 電子情報通信学会, (2007)。
- (2) E.H.Armstrong, "The superheterodyne-Its origin, development, and some recent improvements," Proc. IRE, vol. 12, pp. 549-552 (1924)。
- (3) D.G.Tucker, "The history of the homodyne and sychrodyne," Journal of the British Institution of Radio Engineers, vol.14, no.4, pp. 143-154 (1954)。
- (4) I.A.W.Vance, "Fully integrated radio paging

receiver," IEE Proceedings, vol.129, pt.F, no.1, pp. 2-6 (1982)。

- (5) J.Sevenhans, A.Vanwelsenaers, J.Wenin, and J. Baro, "An integrated Si bipolar RF transceiver for a zero IF 900 MHz GSM digital radio front-end of a hand portable phone," Proceedings of the IEEE 1991 Custom Integrated Circuits Conference, pp. 7.7/1-4 (1991)。
- (6) K. Itoh, T. Yamaguchi, T. Katsura, K. Sadahiro, T. Ikushima, R. Hayashi, F. Ishizu, E. Taniguchi, T. Nishino, M. Shimozawa, N. Suematsu, T. Takagi, and O. Ishida, "Integrated even harmonic type direct conversion receiver for W-CDMA mobile terminals," 2002 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp. 9-12 (2002)。
- (7) J.Crols, and M.S.J.Steyaert, "A single-chip 900 MHz CMOS receiver front-end with a high performance low-IF topology," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.30, no.12, pp. 1483-1492 (1995)。
- (8) H.Ikematsu, K.Tajima, K.Kawakami, K.Itoh, Y.Isota, and Osami Ishida, "Distortion characteristics of an even harmonic type direct conversion receiver for CDMA satellite communications," IEICE Trans. Electron, vol. E82-C, no.5, pp.699-707 (1999)。
- (9) E.Taniguchi, T.Ikushima, K.Itoh and N.Suematsu, "A dual bias-feed circuit design for SiGe HBT low-noise linear amplifier," IEEE Trans. on MTT, vol. MTT-51, no.2, pp.414-421 (2003)。
- (10) M.Shimozawa, T.Katsura, K.Maeda, E.Taniguchi, T.Ikushima, N.Suematsu, K.Itoh, Y.Isota and T.Takagi, "An even harmonic mixer using self-biased anti-parallel diode pair," I E I C E Trans. Electron, vol. E86-C, no.8, pp.1464-1471 (2003)。
- (11) M.Goldfarb, W.Palmer, T.Murphy, R.Clarke, B.Gilbert, K.Itoh, T.Katsura, R.Hayashi, H.Nagano, "Analog baseband IC for use in direct conversion W-CDMA receiver," 2000 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium Digest, pp.79-82 (2000)。

■寄稿

スマートモビリティ社会の 非接触給電技術

埼玉大学
教授

金子 裕良
Yasuyoshi KANEKO



1. まえがき

昨今、話題の燃料電池自動車や自動運転など、環境に配慮しながら快適で賢い移動を実現するスマートモビリティ社会のための技術開発が進められている。公共インフラからパーソナルモビリティまでの乗り物（移動体）の主体は「電動車両」であり、バッテリーやこれに代わる発電装置を搭載するスペース確保や、充電時間の短縮やインフラ整備など解決すべき課題は多い。非接触給電はケーブルやコネクタなど物理的な接続が不要な充電方法で、人の手で行う必要があった充電の手間を無くすだけでなく、移動中を含めた任意の時間に充電を行うことが可能な技術である⁽¹⁾。この技術を積極的に活用することにより、充電時間の短縮や移動距離の拡大だけでなくバッテリー積載量の低減にもつながる。本稿では、著者らの研究室で長年にわたって研究開発してきた小型化可能で位置ずれに強い電気自動車（EV）やプラグイン・ハイブリッド自動車（PHV）用非接触給電装置について解説すると共に、駐車中および走行中の双

方に適用可能な給電装置について紹介する。また、小型化可能な特徴を生かした小型モビリティへの活用事例についても紹介する。

2. EV・PHVのための非接触給電システム

2.1 走行中非接触給電

平成 26 年 4 月に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、エネルギー消費効率の高い PHV や EV 等の次世代自動車の新車販売に占める割合を 2030 年までに最大で 70% とすることを目指しており、充電器等のインフラ整備等を含めたアプローチが必要である。現行 EV は一充電走行距離が 100km 前後と短く、充電のための待機時間ロスは大きな課題で、充電スタンドを増やしてもその付近の交通渋滞を引き起こす原因になる。

この解決方法として期待されているのが走行中非接触給電システム（図 1）であり、EU や韓国をはじめ国内外で技術開発が進められている。代表的事例は韓国・KAIST の SMIFR、Bombardier 社の PRIMOVE など、主にバスなど大型車を対称

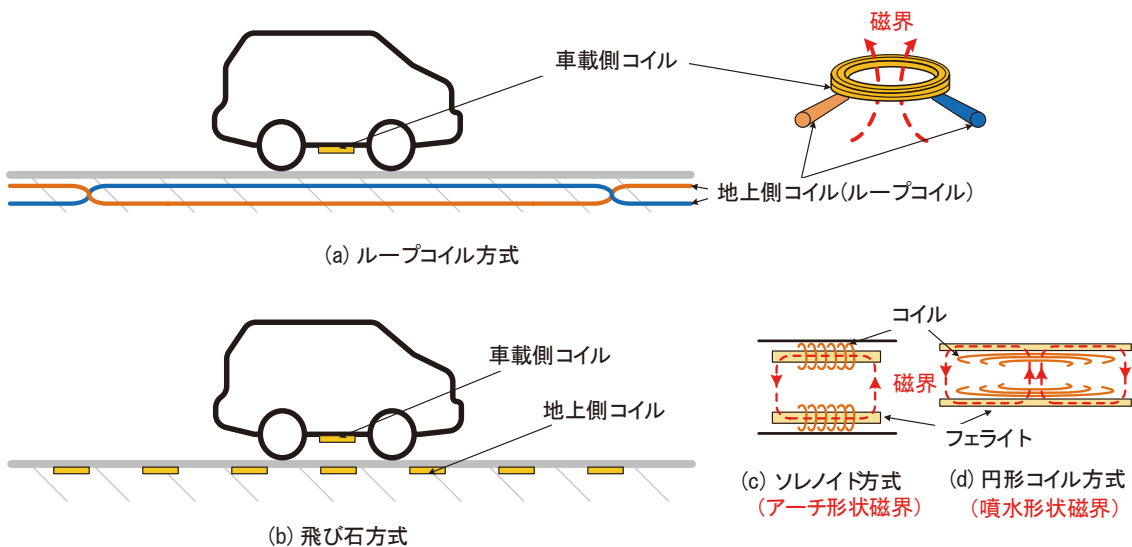


図 1 走行中非接触給電システム

として地上側にループコイルを埋設し専用の車載用コイルで受電する方式を採用している。

また、埋設するループコイルの初期・メンテナンスコストを減らす方式として、東京大学の堀氏らの研究グループなどでは円形コイル方式を、(株)テクノバや埼玉大学ではソレノイド方式のH型コアトランスを複数個地上側に埋設して飛び石式に給電を行う方法(図2)を検討するなど、複数の給電方式(非接触部分のコイル形状と磁界分布)が存在している⁽²⁾。

2.2 ソレノイド方式と円形コイル方式

一方、駐車中の充電でもケーブルレス・プラグレスで給電可能な非接触給電方式の普通・倍速充電クラスの実用化が間近であり、米国自動車技術会(SAE)などでは2016年の合意に向けた国際標準化の議論が進められている。現在、停車中の自家用EV向け非接触給電の有力な方式は、周波数80kHz帯(81~90kHz)を使用する磁界結合(電磁誘導)方式(図3)であるが、非接触部分の給電コイル形状には磁界分布が噴水形状となる円形コイル方式とアーチ形状となるソレノイド方式が

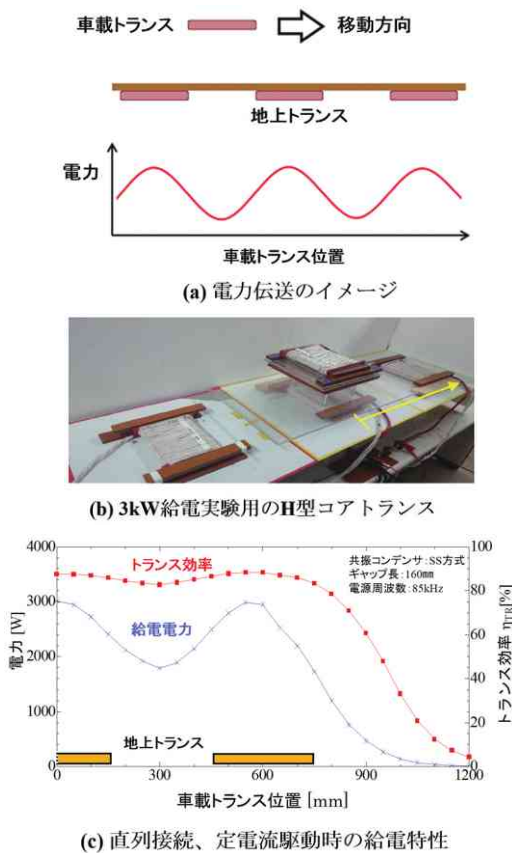


図2 飛び石方式走行中非接触給電(H型コア)

存在する。これら磁界分布が異なる方式は、コイルサイズ、ギャップ長(地上と車載トランス間の空隙距離)、位置ずれ変化に伴う給電効率特性、漏洩電磁界強度などに関して一長一短ある。

円形コイル方式はコイルの中心から垂直に貫く磁界構造をしているため位置ずれに弱い。例えば図4のように車載トランスを位置(a)から位置(b)にずらした場合、車載コイルを貫く磁束は、地上コイルが発生する上下の異なる向き(内側と外側)の磁束の総和となる。このため、コイル径の半分程度の位置ずれでコイルに磁束が貫かず給電できなくなる。ソレノイド方式はコイルに並行する磁界構造をしているため、y方向の位置ずれに対しては磁束を鎖交させることができ、円形コイル方式に比べてより大きな位置ずれでも給電することができる(表1)⁽³⁾。

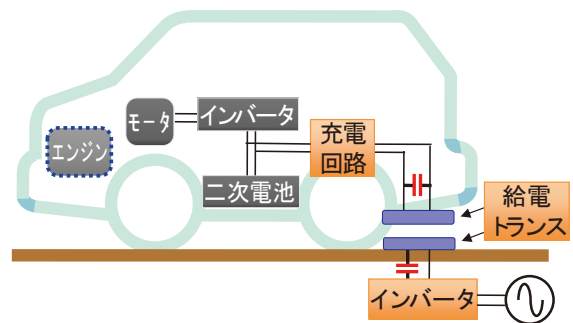


図3 非接触給電のシステム構成

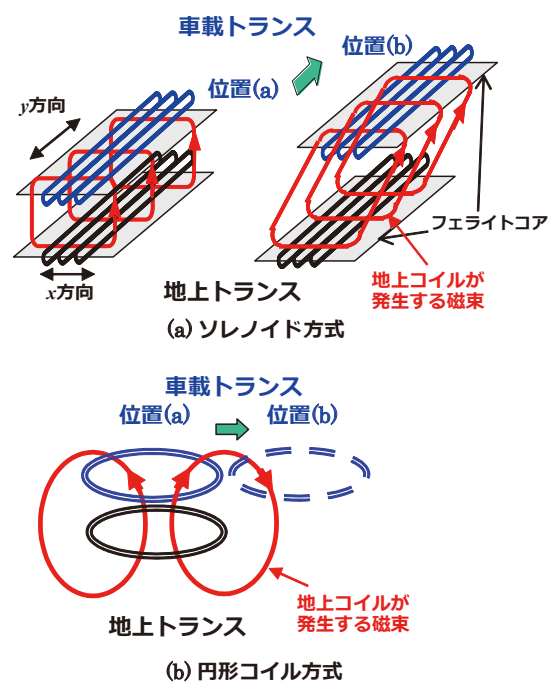


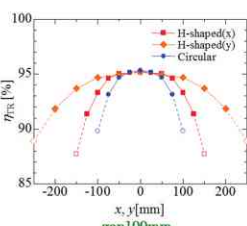
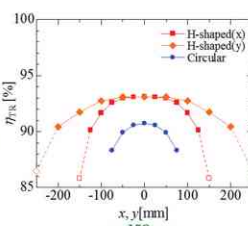


図4 ソレノイド方式と円形コイル方式の比較

表1 同サイズにおける位置ずれ性能比較

	円形コイル方式(Circular)	ソレノイド方式(H-shaped)
外観 寸法 重量	 直径360 × 25 mm 7.65 kg (車載側のみ)	 360 × 300 × 35 mm 6.68 kg (車載側のみ)
効率	 gap100mm	 gap150mm

また、地上トランスから発生する磁束はコイル巻き幅（地上トランスの磁極間距離）に依存して高い位置まで一定の磁界強度を保つ。よって、同じギャップ長で同等の起磁力を得るためには、円形コイル方式のトランスサイズはソレノイド方式に対して倍近く必要となるため、ソレノイド方式の方がトランスの小型化が可能となる。x方向の位置ずれに対しても、地上トランスの磁極フェライト幅を拡張したり、H型コアトランスをラダー状に接続（図5）することで位置ずれ時の効率を上げることが可能である⁽⁴⁾。

しかし、ソレノイド方式は位置ずれ特性が優れている分、漏洩電磁界強度は強く、オートパーキングシステムとの併用を前提とした駐車中非接触給電用途の標準化では、一般家庭での電磁界環境を考慮して、円形コイル方式の磁界分布をもつ車載トランスが採用されている。

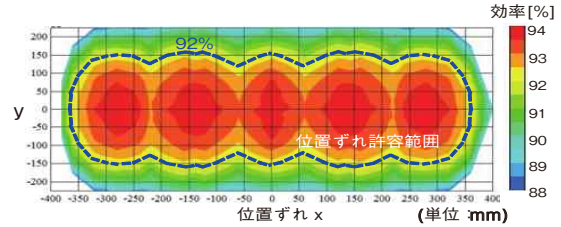
2.3 磁束構造の共用化可能な走行中給電トランス

走行中給電、特にメンテナンスに有利な飛び石方式には、地上側に敷設するトランスの間隔をなるべく広くするためにも、走行方向の位置ずれ特性に優れたソレノイド方式が最良である。このため、駐車時は円形コイル方式の磁界分布で、走行中はソレノイド方式の磁界分布で受電できる、両方式の共用化が可能な車載トランスの研究開発は重要となる。ニュージーランド・オークランド大学のCovic氏らの研究グループは、3つの円形コイルから成る車載トランス（DD-DDQ方式）で共用化を実現している⁽⁵⁾。

これに対し、当研究室ではソレノイド方式のH型コアトランスの中央部に磁極を追加したHc型コアトランスを開発した（図6）⁽⁶⁾。このトランス



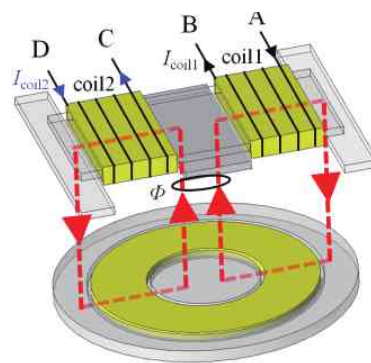
(a) ラダーH型コアトランス



(b) 3kW給電時のトランス効率特性(ギャップ長：150mm)

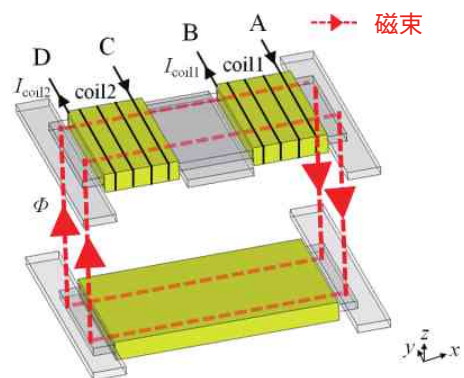
図5 ラダーH型コアトランス

【車載側】Hcトランス



【地上側】円形トランス(駐車中)

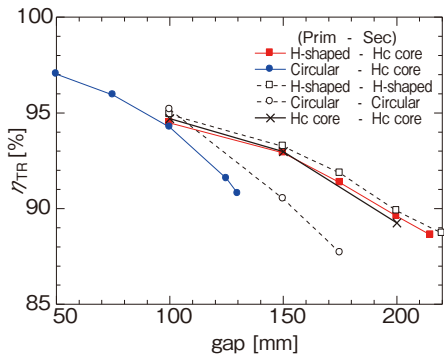
【車載側】Hcトランス



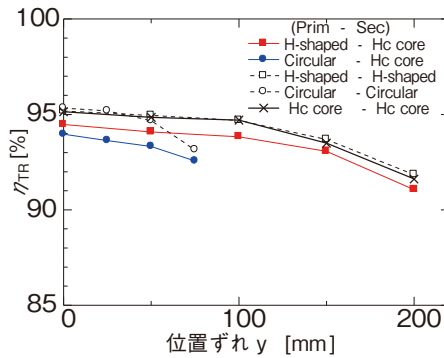
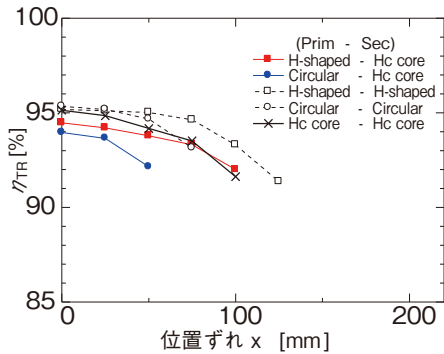
【地上側】円形トランス(走行中)

図6 磁束構造の共用化可能なHc型コアトランス

はコイルの直並列を切り換えるだけで両方式の磁界分布に対応でき、かつ小型化が可能で位置ずれに強い有利なソレノイド方式の特性も有している（図7）。



(a) ギャップ長変動特性



(b) 位置ずれ変動特性 (ギャップ長100mm時)

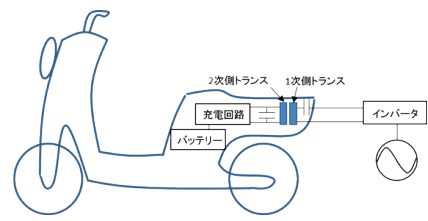
図7 Hc型コアトランスの給電効率

3. 小型モビリティへの応用

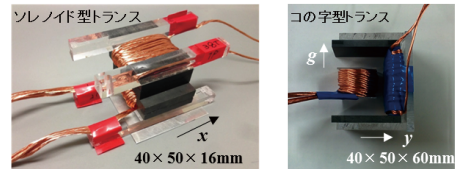
EV や PHV の導入など自動車のエコ化が進む中、都市部における交通渋滞の緩和を目指して、自転車など小型モビリティを活用したパーソナルな移動を推進する街づくりが進められている。日本のように起伏の多い地形を有しかつ高齢化が進む社会において、電動アシスト自転車は免許が無くても利用することができる身近な小型モビリティで、近年急速に市場が拡大している。レンタサイクルとしても電動アシスト自転車が活用されつつあるが、充電などのメンテナンスが必要で人手がかかり事業としての収益性は低く、自治体等の公共サービスの一環として運用されている程

度である。収益性の改善には無人化が必須で、野外での漏電の危険性がなく、自動充電が可能な非接触充電技術は有効な手段である。

電動アシスト自転車など電動二輪車へ非接触給電システムを導入する際、車載トランスの小型軽量化は必須で、また給電電力も 50W から数百 W と EV に比べて小さいため、上述のソレノイド方式は有用である。当研究室で開発した電動二輪車用 50W 給電トランス(平板ソレノイド型, コの字型)の性能を図 8 に示す。平板ソレノイド型は車体の側面や底面に、コの字型は前面や車軸に取付けができ高効率給電が可能である。これらの成果は産学官で共同研究開発したコミュニティサイクル向け電動アシスト自転車に発展し、平成 28 年 3 月にはさいたま市の JR 武蔵浦和駅等に 20 台以上設置し、使い勝手や管理上の問題を抽出するための社会実験を実施した (図 9)。



(a) 小型モビリティ用非接触給電システム



ソレノイド型トランス	コの字型トランス
ギャップ長g: 6mm	ギャップ長g: 12+12mm
給電効率(トランス間): (ずれなし) 94.0%	給電効率(トランス間): (ずれなし) 94.8%
(Δx=5mm) 93.6%	(Δy=18mm) 94.0%
(Ag=4mm) 92.7%	(Ag=12mm) 92.7%

(b) トランスの外形と性能

図8 小型モビリティ用非接触給電システム



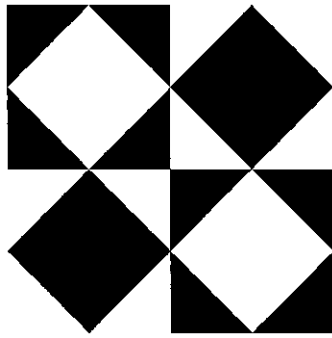
図9 JR 武蔵浦和駅での社会実験

4. むすび

本稿では駐車中、走行中に使用可能なEV、PHV用の非接触給電トランスの性能を中心に解説し、電動二輪車用への応用例なども紹介した。人々の価値観が多様化し、パーソナルな移動がより多く求められるスマートモビリティ社会において、非接触給電技術は有効であり、今後も新たな乗り物や技術を生み出す可能性を秘めた技術であると言える。最後に今回の執筆の機会を与えて頂いた島田理化工業(株)の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 阿部茂, “EV・PHEV用非接触給電の技術動向”, 電学誌, Vol.133, No.1, pp.25-27 (2013)。
- (2) C. Kato et al, “Investigation of Wireless Power Transfer System with Spaced Arranged Primary H-shaped Core Coils for Moving EVs,” IEEE IECON2015, pp.5197-520, Nov. 2015。
- (3) 千明将人他, “新コア構造による電気自動車用非接触給電装置トランスの小型軽量化”, 電学半導体電力変換研資, SPC-11-48, pp.139-144 (2011)。
- (4) 駒崎伸也他, “前後方向の大きな位置ずれを許容する電自動車用ハーフピッチ型ラダーコア非接触給電システム”, 電学半導体電力変換研資, 0SPC-14-15 (2014)。
- (5) G. A. Covic et al, “A Bipolar Primary Pad Topology for EV Stationary Charging and Highway Power by Inductive Coupling,” IEEE ECCE 2011, pp.1832-1838, Sep. 2011。
- (6) R. Shimizu et al, “A New Hc Core Transmitter of a Contactless Power Transfer System that is Compatible with Circular Core Receivers and H-Shaped Core Receivers,” EDPC2013, Nuremberg, pp.369-375, Oct. 2013。



社会に貢献する電子・通信機器

Electronic and Telecommunication Devices which contributes to Society

萩原 栄治
Eiji HAGIHARA

森 智之
Tomoyuki MORI

浅利 哲
Satoshi ASARI

四分一 浩二
Koji SHIBUICHI

当社は創業以来半世紀以上の間、基幹事業としてマイクロ波・ミリ波帯関連製品の研究開発や製品化に取り組んできた。特に、マイクロ波帯・ミリ波帯における、導波路・能動素子・受動素子に関する各種ノウハウを蓄積し、この分野の発展に貢献してきた。

近年においては、放射線装置用コンポーネント、無線通信機器、人工衛星搭載用コンポーネント、データ伝送機器などの事業化を図ってきた。本稿では、近年、当社が事業化を進めてきた電子・通信機器を紹介する。

1. エネルギー用機器

エネルギー用機器は、マイクロ波の特長を活かし、マイクロ波電力をそのままエネルギー源として利用するものであり、物質の加熱や粒子の加速やプラズマ発生等、身近な分野から研究施設、医療など様々な分野で利用されている。以下に当社におけるエネルギー応用の実績を紹介する。

1.1 マイクロ波による加熱

もっとも身近なマイクロ波加熱の例としては家庭用電子レンジがある。水やゴム、木材などマイクロ波を吸収しやすい材料に対してマイクロ波を照射することにより、物質を選択的に効率よく加熱することが出来る。応用分野としては食料の加熱のほか、茶葉の乾燥、木材の乾燥、自動車用のタイヤの加硫、および医療用マイクロ波メスなど幅広い分野で利用されている。

1.2 マイクロ波による粒子の加速

電子や陽子など粒子は、電界を与えることにより加速させることが出来る。身近な例では、蛍光灯やブラウン管などがこの原理に近いが、これらは直流もしくは比較的低い周波数を利用して加速

させている。より高速に加速するためには、波長の短いマイクロ波を空洞共振器で共振させ、ここに発生する電位差を利用することで可能であり、さまざまな粒子を加速させることが出来る。この技術は高エネルギー加速器研究機構（KEK）や大型放射光施設（SPring-8）など研究機関の大型加速器としても利用されており、宇宙発生の起源誕生の解明や、物質科学・地球科学・生命科学・環境科学・産業利用などの様々な分野で優れた研究成果をあげている。KEK ではこの施設を使用した研究で2008年にノーベル物理学賞を受賞している。図1に当社サーキュレータが使用している KEK-B 加速器の構成図を示す。[1]

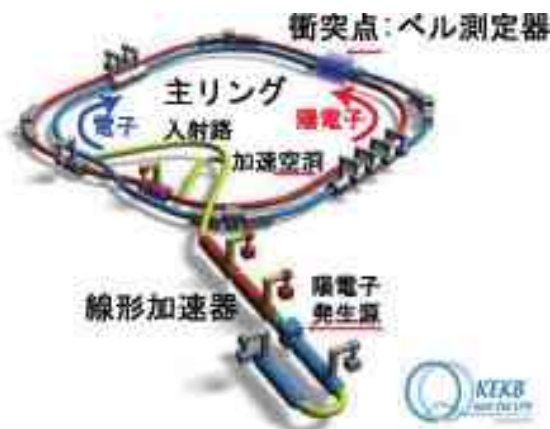


図1 KEK-B 加速器
出典：KEK 殿ホームページ

1.3 直線加速装置（リニアック）

前章で述べた加速した電子をタンゲステンなどの金属ターゲットに衝突させることにより、効率よく X 線を発生することが出来る。当該 X 線は、空港での貨物用大型 X 線検査装置や食品などの滅菌装置などの分野で利用されている [3]。

当社では、約 20 年前よりこれらのシステムに使用されるクライストロンドライバ用高出力 RF パルス信号発生器（名称：RF ドライバ）、ロータリー

ジョイント，サーキュレータ等の生産を行っており，これまでに約1,000台以上を納入している。

以下では，その製品群の一端を紹介する。

1.4 高電力導波管コンポーネント

リニアックなどにおける給電系は高電力となるため，放電や発熱を防ぐために高い耐電力と低い挿入損失が求められる。これを満足させるために一般的に導波管コンポーネントが使用されることになる。

当社製品では，ピーク電力 25MW や，平均電力で 1MW に対応した製品の開発実績がある。これらの製品での設計でのポイントは，前述した発熱対策と放電対策であるが，なかでも放電は周波数，パルス幅，繰り返し周波数，温度，気圧，湿度，負荷 VSWR，ゴミや埃，形状，使用する材質などさまざまな要素に影響を受け，さらにそれらはお互いに相関を有することもあり，これらを総合的に考慮して設計する必要がある。

図 2 に当社製，リニアック用 3 ポートサーキュレータを示す。当該製品は 6MW，6kW の耐力を持つ。これは使用される加速管の特性を考慮して，負荷が全位相で完全反射となる場合を想定したものである。なお挿入損失は 0.08dB 程度である。

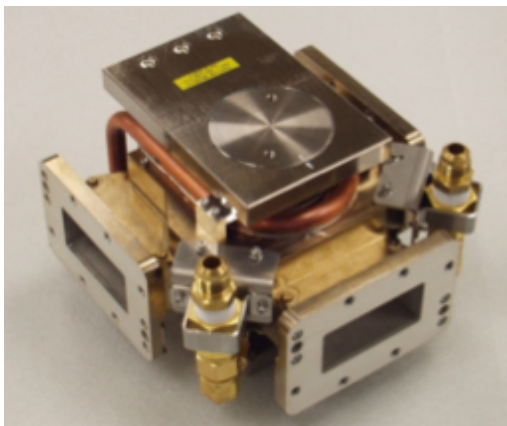


図 2 S バンド 3 ポートサーキュレータ

また，リニアックにはターゲットに集中的に放射線を当てるため，首振り機構が必要となる場合がある。このためには回転機構を持ちながら低損失で安定的にマイクロ波電力を伝送させる必要があり，これを実現するために導波管型ロータリージョイントが使用されている。

図 3 に当社製ロータリージョイントを示す。



図 3 TM モード ロータリージョイント

当該ロータリージョイントは耐電力・低損失を実現するために高次モードである TM モードを採用している。挿入損失は 0.05dB 以下である^[4]。

1.5 クライストロン用 RF ドライバ

ドライブ用高出力 RF パルス信号発生器（名称：RF ドライバ）は，マイクロ波のエネルギーを増幅するクライストロンの基準信号を生成する装置である。

リニアックに使用される加速管は無負荷 Q が非常に高いため，電子を効率よく加速できる周波数帯域は非常に狭くなる。このため RF ドライバには高い周波数安定度が求められる。当社 RF ドライバでは，これを実現するために高安定な PLO を採用している。また電力を安定とするために，高電力で RF 信号を減衰させることが可能な当社製可変型減衰器ならびに ALC 回路を採用している。図 4 に RF ドライバの外観を，表 1 に RF ドライバの諸元を示す^[5]。



図 4 RF ドライバ

表 1 RF ドライバ諸元表

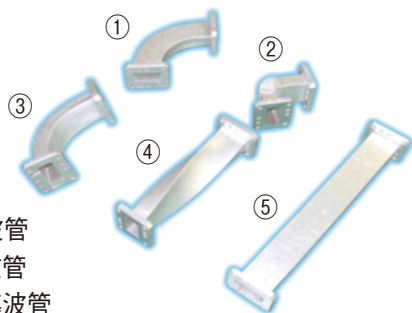
項目	仕様
出力電力	240W以上 (5~240Wまで可変)
出力周波数	2,856MHz
周波数温度安定度	±5kHz (+10~+50°C)
RF出力パルス幅	2~12 μsec
出力パルス繰返し	90~420pps
レベルジッタ	0.25%以下
周囲温度	+10~+50°C

2. 衛星搭載用コンポーネント

衛星通信は、世界的なコミュニケーションネットワークの構築に伴い、地上環境の制約に捕られない通信・放送ネットワークとして、世界的に需要が増加している。また、震災や異常気象による災害時においても、地上の影響を受けにくいいため注目を集めている^[6]。ネットワークで扱うデータ量は年々増大しており、衛星通信で扱われる周波数帯はC、Ku帯からKa帯へ変わりつつあり^[7]、当社では、より高周波帯での衛星搭載用コンポーネントを開発することでこれらの需要に応えてきた。

人工衛星は多数のコンポーネントから構成されており、当社ではコンポーネント同士を接続する導波管や、信号に方向性を持たせるアイソレータ、サーキュレータ等を取り扱っている。人工衛星に搭載されるコンポーネントは地上機器に比べてより一層の小型化が要求され、なかでも衛星を打ち上げる際の負担と費用を減らすため、1基あたり数千本を使用される導波管は軽量化が強く求められる。

人工衛星内では発信器からアンテナまで信号を伝達するために、同軸ケーブルと比較して格段に伝送損失が少ない導波管が多く用いられる。通信衛星は1つの衛星に使用される導波管の数多く経路も長いため、伝送損失を少なくするため機器間は最短の経路で接続することが望ましく、導波管も様々な形状のものが必要となる。主な形状は図5に示すように直線、バンド、ツイストなどがある。素材はアルミニウムを採用しており従来の半分の肉厚とすることで軽量化を実現している。また低損失とするために電気抵抗値が小さい銀を表面にメッキすることで従来より30%以上の伝送効率改善を実現している。



- ①H ベント導波管
- ②E ベント導波管
- ③E コーナー導波管
- ④ツイスト導波管
- ⑤直線導波管

図5 衛星搭載用薄肉導波管

通常、調整機構を持たない導波管の反射特性を良くすることは困難であるが、当社では独自の工法を用いることにより低歪で且つ優れた反射特性を持つ導波管を実現している。また衛星通信では地上と衛星間の距離が長いことから微弱な信号を扱うことになる。そのため従来では問題とならなかった低いレベルのパッシブ IM (PIM) の対策も近年注目されてきており、当社でも PIM 対策導波管に対応している。これまで当社製の衛星搭載導波管は、約 10,000 本の納入実績がある。

導波管と同様小型軽量化が求められるコンポーネントにアイソレータ、サーキュレータがある。通信システム内で伝送される信号の方向は決まっており、逆流はシステムの不調あるいは破損を招く恐れがある。そういった意図しない信号の流れを排除するためにアイソレータが用いられる (図6)。

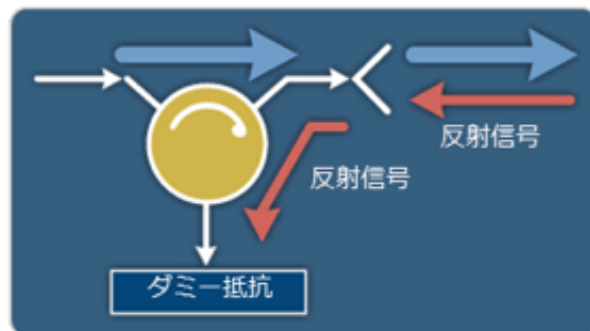


図6 アイソレータの信号の流れ

軽量、小型化のためサーキュレータ、アイソレータは図7に示すようにマイクロ波集積回路 (MIC) にて構成されており、基板への取り付けも容易な構造となっている。

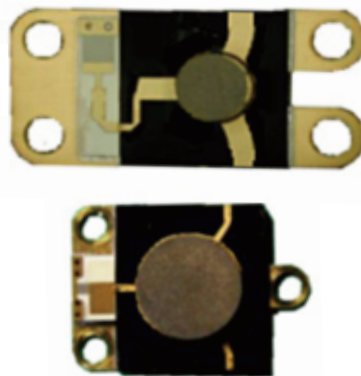


図7 MIC アイソレータ
※当社 HP より

3. 無線通信機器

3.1 衛星通信用低雑音受信機 (LNB)

衛星通信の小型地上局は、送受信フロントエンドモジュールとアンテナで構成された屋外装置 (ODU) および変復調器とネットワーク接続機能を具備した屋内装置 (IDU) で構成され、VSAT (Very Small Aperture Terminal) の呼称で広く知られている。

当社は 2007 年に Ka 帯低雑音 Low Noise Blockdown Converter (LNB) を開発した (図 8)。主要性能として変換利得 60dB、雑音指数 1.7dB、局発部の位相雑音 $-78\text{dBc}/\text{Hz}$ (1kHz オフセット) を達成した。

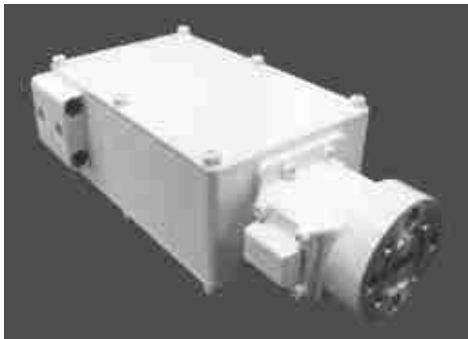


図 8 Ka 帯低雑音ブロックダウンコンバータ

2008 年には、C 帯 LNB を製品化した (図 9)。現在も年間数万台規模で生産し、世界中の通信ネットワークに使用されている。



図 9 C 帯低雑音ブロックダウンコンバータ

2013 年には、アイソレータのドロップイン化により小型・軽量化を図った X 帯 LNB を製品化した (図 10)。X 帯の衛星通信は政府系のネットワーク用が大半を占める。

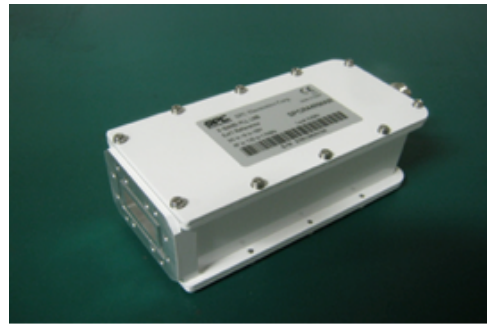


図 10 X 帯低雑音ブロックダウンコンバータ

現在、Ka dual band LNB を開発中であり (図 11)、これにより商用衛星通信サービスである Global Xpress (Inmarsat 社による商用高速移動衛星通信サービス) のネットワークをカバーすることが可能となる。



図 11 Ka 帯低雑音ブロックダウンコンバータ

3.2 準天頂衛星関連機器

GPS などの衛星測位システムは、スマートフォンやカーナビでも活用され、私たちの生活になくはならないものになっている。日本のほぼ真上 (準天頂) に長時間留まるよう工夫された準天頂衛星初号機「みちびき」を利用することで、山間部や高層ビル街のように GPS 信号が届きにくい、見通しの悪い場所でも測位ができるようになるだけでなく、補強信号を利用することで測位精度を数 cm まで高めることができる。2010 年に打ち上げられた「みちびき」を含め、2018 年度には 4 機体制でのサービスを、将来的には 7 機体制でのサービスを目指して開発が進められている。

当社は、2014 年より「みちびき」に対応した受信機の開発を進め、2015 年に試作機を開発した。今後は、商用化に向けた開発を進め、測位精度の高まった社会の実現に少しでも役立つよう一層技術開発に取り組む。

4. 準ミリ波 / ミリ波帯データ伝送機器

スマート社会の進展には、多様な場面でより高速に広範な情報共有を実現できるネットワークが必要となる。通信技術の観点からは、①高速化、②モバイル化、③小型・軽量・低消費電力化が趨勢となっている。これら 3 要素は相互に関連しつつ発展するが、高速化は、大容量で精細な画像による可視化情報の利用や、高速移動に対応する瞬時の情報交換を可能とするための社会要請でもある。

一方、限られた周波数資源での広帯域な信号の扱いには限界があるので、ユーザがどこでも使えることを前提とする新しい周波数領域への利用が進んでいる。モバイル化と小型・軽量・低消費電力化も併行して発展し、生活に密着した場所での利便性の向上や、人を介さないデータ交換などによる省力化の実現、迅速なデータ収集・判断情報の提供などのために重要な要素である。これらの 3 要素を実現するためには、多様な場面で有効な高速ワイヤレス通信基盤が求められてきた。

このような社会の要望に対して当社は、およそ半世紀前からミリ波帯立体回路の研究開発や製品化に関わっており、近年においてはミリ波帯の無線伝送装置やフロントエンドモジュールなどで事業化を行ってきた^[8]。

以下では、その製品群の一端を紹介する。

4.1 準ミリ波通信用フロントエンドモジュール

概ね 30 ~ 300GHz 帯の電波はミリ波と呼ばれている。20GHz 付近の準ミリ波帯を含めて、300GHz 付近までのミリ波帯の使用状況は図 12 に示すとおりで、各種電気通信事業、放送用中継通信、衛星通信、簡易無線、各種レーダ・センサ、高速無線 LAN、天文観測などの用途とされている。

2005 年に、高速無線 LAN 用にフロントエンドモジュールを開発した (図 13)。屋内および屋外にて使用する 23GHz 帯 FDD (周波数分割複信) 方式のデータ伝送用小電力無線機器に内蔵される送受信周波数コンバータ機能を有し、送信部 PA (Power Amplifier) は、ベアチップ部品をパッケージ化し、高密度実装することにより小型化、低コスト化を図った。変調方式は QPSK, 16QAM, 64QAM に対応可能とした^[9]。

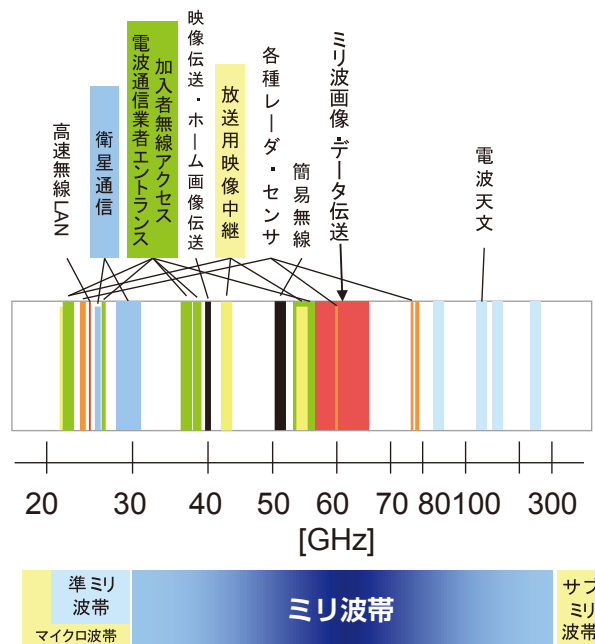


図 12 ミリ波帯の利用状況^[10]

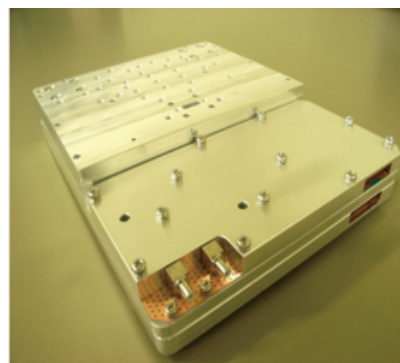


図 13 23GHz 帯フロントエンドモジュール

4.2 ミリ波帯通信用フロントエンドモジュール

50 ~ 60GHz 帯は、当社が得意とする分野で、フロントエンドモジュールから変復調機能と LAN インタフェース機能を有した 50GHz 帯の簡易無線のデータ伝送装置を開発した。変調方式は QPSK 方式とし、20Mbps の無線伝送速度を有した。また、50GHz 帯は降雨減衰による伝播損失が課題であり、対策の一つとして強力な誤り訂正方式を具備することを特長とした。降雨量は 40mm/hour を目安とし、有効伝送距離 2.5km とした^[11]。

一方、60GHz 帯は 2004 年に 60GHz 帯フロントエンドモジュールを開発した。事業者向けの周波数を用い、送信モジュール (図 14) は 15GHz 帯の IF 信号を 4 通倍して 60GHz 帯を出力する。受信モジュール (図 15) は 60GHz 帯の RF 信号を周波数変換して 2GHz 帯の IF 信号を出力する方式と

した。送信モジュールは周波数変換利得 7dB を有し 10mW を出力しつつ、2.5W 以下という低消費電力を実現した。これらのフロントエンドモジュールは、社会インフラ設備の一翼を担う製品として現在も維持設計をしつつ量産している製品である。

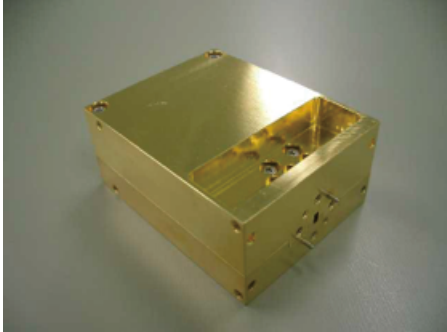


図 14 60GHz 送信モジュール

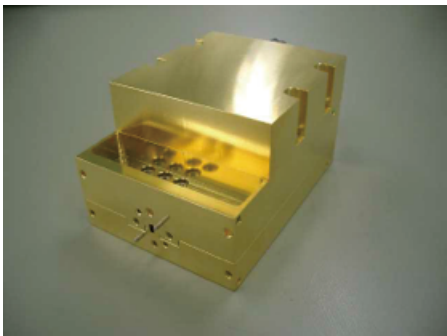


図 15 60GHz 受信モジュール

また、60GHz 帯ミリ波通信は、ユーザが許可無く使用でき、複数局同時運用環境に有利な短距離・大容量通信用として位置づけられており、スマート社会の進展の中で、より身近な存在として大いに期待されている。

2012 年に IEEE 802.11ad と IEEE 802.15.3c のタスクグループによって、802.15.3c の 60GHz 帯 WPAN 機能をモデル仕様として、既存マイクロ波帯 WLAN に機能付加され、802.11ad の標準化が終了した。さらに、2013 年 1 月には Wi-Fi Alliance と Wi-Gig Alliance の業界団体の統合も実現した。

当社では、60GHz 帯関連産業の製造体制の構築を支援できる測定機器の中核となるコンバータ技術の開発を進めた。60GHz 帯ミリ波製品の本格的な普及には、単なるデバイス技術の向上だけでなく、60GHz 帯特有の設計技術、評価技術の両方の技術が必要であることから、当社のこれまでのミリ波機器開発の経験を踏まえて 2012 年に 60GHz 帯周波数変換装置を開発した (図 16)。

60GHz 帯周波数変換装置は、60GHz 帯ミリ波通信標準規格準拠の物理層評価に用い、周波数変換における超広帯域高精度伝送品質の最適化、アップコンバータ/ダウンコンバータの超広帯域で高精度な伝送品質の実現に向けた主要性能 (EVM 特性等) 向上への評価と課題抽出を実施した。信号は、IEEE 802.15.3c/11ad で規定するシングルキャリアモード MCS クラス 1 の変調方式 $\pi/2$ -BPSK、伝送速度 1.76Gbps である。IF 周波数は 3.28GHz、信号帯域幅は 2.2GHz という超広帯域信号をダブルコンバージョン方式で IF 信号と RF 信号を行き来できる。これによって汎用測定器を用いたミリ波信号の解析を可能とした^[12]。



図 16 60GHz 帯周波数変換装置
(図はアップコンバータ)

5. 謝辞

創立 70 周年を迎え、電子・通信分野の製品を振り返ってみた。当社の製品群はシステム、装置を構成する部品ではあるが、現在の社会インフラ実現には欠くことのできない重要な製品であることを再認識した。

今後も更に性能、価格、品質面で顧客満足度の高い製品を提供し社会に貢献できることを心がけたい。製品開発に当たりご支援、ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

6. 参考文献

- [1] 堺井 義秀, “宇宙の反物質消滅の謎”, 高エネルギー加速器研究機構 公開講座, 2011
- [2] 甲斐 規郎, 浅利 哲, 杉山 裕通, 渡邊 翼, “1GHz 帯大電力移相器型 4 ポートサーキュレーターの開発”, 島田理化技報 No.20, pp13-18, 2008
- [3] 甲斐 規郎, “加速器用 UHF 帯ウォーターロー

- ド”, 島田理化技報 No.17, pp30-35
- [4] 森 智之, 細田 裕一, 島貫 昌喜, 伊藤 久人, “当社のマイクロ波ロータリージョイント”, 島田理化技報 No.17, pp40-41
- [5] 中村 亮, 永月 巧, 鈴木 君尚, 大竹 正仁, “240W RF ドライバー”, 島田理化技報 No.18, pp44-49, 2006
- [6] 総務省, “移動衛星通信システムの現状等”, www.soumu.go.jp/main_content/000432704.pdf, 2016.
- [7] 総務省, “IoT/5G 時代の衛星通信技術”, www.soumu.go.jp/main_content/000432706.pdf, 2016.
- [8] 河村 淳
“60GHz 帯高速無線伝送技術の役割と弊社の取り組み”, “島田理化技報 No.23, pp38-41, 2014
- [9] 黒澤 肇, “FWA 用 25GHz 帯 RF フロントエンドモジュール”, 島田理化技報, No17, p.9, 2006
- [10] ブロードバンドワイヤレスフォーラム未来構築ワイヤレス特別部会取りまとめ資料, ブロードバンドワイヤレスフォーラム, 2012.3
- [11] 四分一 浩二, 鈴木哲也, 田中稔博, 森智之, “50GHz 広帯域デジタル無線伝送装置”, 島田理化技報, No16, p.32, 2005
- [12] 日下 洋, 太田 貴之, 濱野 聡, 鈴江 秀規, 四分一 浩二 “60GHz 帯無線通信用周波数変換装置”, “島田理化技報 No.23, pp43-52, 2014

筆者紹介

生産本部
技術部



萩原 栄治

生産本部
技術部



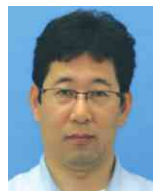
森 智之

生産本部
技術部

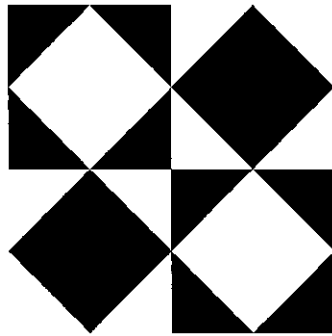


浅利 哲

生産本部
電子
システム部



四分一 浩二



省エネ，省力化で社会に貢献するIH新技術

The IH new Technology which contributes to Society by Energy Conservation and Labor-saving

片岡 辰雄
Tatsuo KATAOKA

田内 良男
Yoshio TANAI

高木 聖二
Seiji TAKAGI

今年、当社創立 70 周年にあたり、高周波誘導加熱事業に関連する最近の技術・装置について紹介する。

1. まえがき^[1]

当社の産業用誘導加熱（IH：Induction Heating）ビジネスは、1946 年の創業以来 70 年の歴史をもち、出力で数 kW から MW クラス、周波数で数百 Hz から 2MHz の幅広い周波数帯の電源を取り揃え、応用分野として図 1 に示す通り、焼入れ、焼戻し、ろう付け、はんだ付け、予熱、乾燥、シール、焼嵌、焼鈍、溶解、蒸着、鍛造など、幅広い用途に使用され、国内はもとより、東南アジア、東アジアを中心に広く海外へも製品展開されている。

IH の特長である短時間加熱の特性を活用し、省エネ・低炭素社会の実現に向けて、非磁性材・磁

性材薄板の均一加熱、塗装乾燥、塗装剥がし、シリコン溶解、エピタキシャル成長装置など、また、電気炉やガス炉と IH を組み合わせたハイブリッド炉方式（炉から IH）や、超高温加熱用途などにも積極的に取り組んでいる。

2. 金属薄板の高速・均一加熱技術

金属薄板の加熱には温度の均一性が求められる。当社は、加熱コイル形状の最適化により、金属薄板の温度の均一性を向上させたことで、従来の炉から IH への置き換えを提案してきた。しかし、近年、IH と炉を併用したハイブリッド加熱方式^[2]の採用が急増している。

ハイブリッド加熱方式では IH 装置の後段に炉を配置する。そのイメージを図 2 に表す。

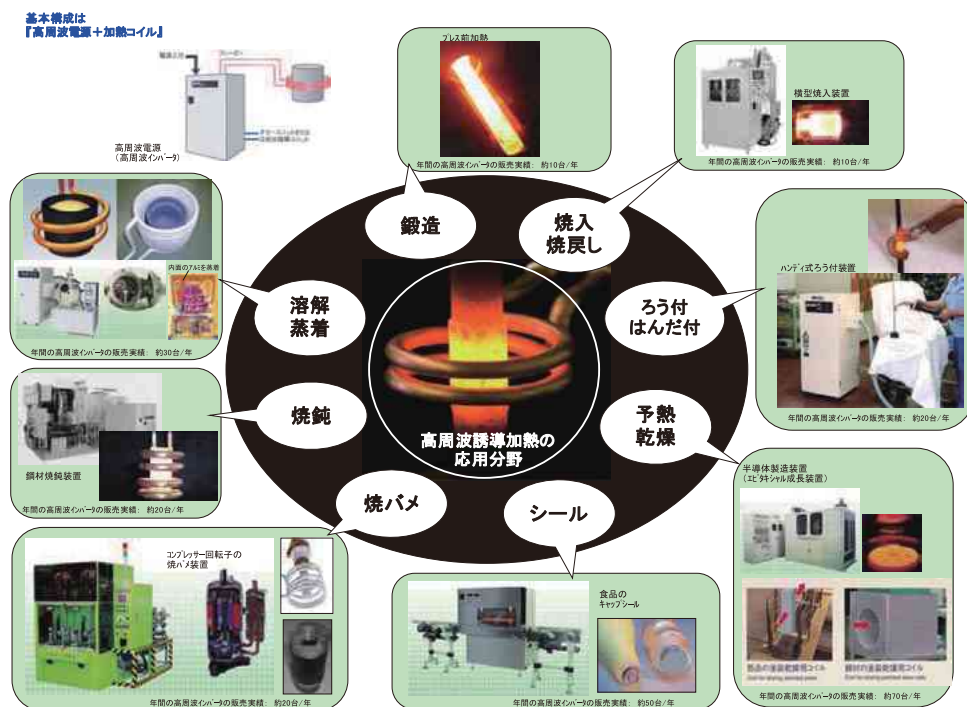


図 1 IH 応用分野

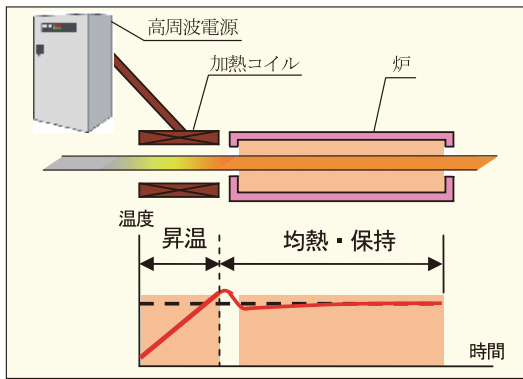


図2 ハイブリッド加熱

2.1 省スペース化

前段の IH 装置で急速加熱することにより、炉のスペースが大幅に縮小され、IH 装置を含めた全体の大きさも従来の炉のみの場合と比較して格段の省スペース化が可能となる。

2.2 省エネルギー化

省エネルギーの観点から表1にガス炉とIHのコスト比較例を示す。炉はその規模によるが、稼働の数時間前から予熱を開始することや炉温維持のため生産に関わらず24時間稼働させる必要があり、大きなエネルギーを消費する。IHは加熱時のみ通電すれば良いため、炉のみの場合と比較して省エネルギー化が可能となる。

2.3 温度均一性向上

「省スペース」、「省エネルギー」、「急速加熱」の特長を持つIH装置の後段に炉を配置させることで、被加熱物の均熱と温度保持が可能となる。

3. ハンディー式 IH ろう付装置^[3]

IH ろう付装置は、高周波電源と変流器 (CT : Current Transformer)、および加熱コイルから構成され、ガス加熱に替わる方式として多方面で使

用されている。

ろう付を行う場合、加熱コイルに 2,000 A 以上の電流を流す必要があるため、高周波電源の出力電流を十数倍程度に大きくする CT が必要となる。固定型 CT は、重量に制約がなく大容量までの拡張が可能であるため、通常は汎用 CT が使用される。人が CT を手持ち作業する場合や、ロボットや自動機による移動式加熱の場合に、小型で一体型にして利便性を良くしたハンディー CT (用語) を製品化した。図3にハンディー式 IH ろう付装置の構成を、図4に加熱の様子を示す。

 (用語説明) ハンディー CT
 高周波誘導加熱装置は、高周波電源と変流器、加熱コイルで構成されるが、IH ろう付装置などを小型化して可搬性を持たせた変流器を指す通称である。

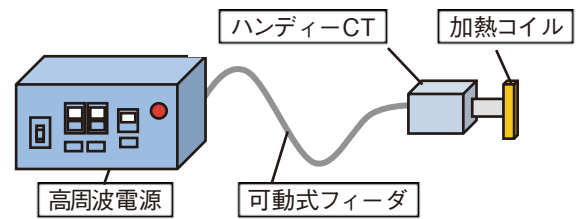


図3 ハンディー式 IH ろう付装置

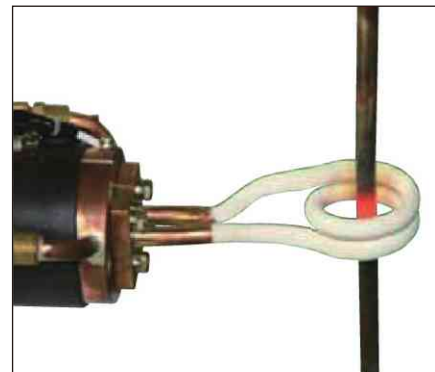


図4 ハンディー CT による加熱

表1 ガス炉とIHの運転コスト比較表

	ガス炉	IH システム (効率65%時)	メリット
運転エネルギー	209kW	97kW	54%削減
年間エネルギー使用量	42,829kg	241,500kWh	-
運転費用	LPG 料金 (注1)	電気料金 (注2)	-
	4,583 千円/年間	2,898 千円/年間	37%削減
昇温エリア スペース	20m以上	3m以下	85%削減

注1) LPG 料金は 107 円 /kg とした。 注2) 電気料金は 12 円 /kWh とした。



図5 双頭型ろう付装置

図5に双頭型ハンディー式IHろう付装置を示す。本装置は2台の30kW電源を内蔵し、2台のハンディーCTを同時に使用することができ、離れた場所で同時作業が可能である。(高周波フィード長は6m、長さは変更可能)。

高周波電源は、当社の小型電源Dシリーズ(D-30)2台で構成され、従来型の30kW電源×2台と比較して小型軽量化されている。非常用スイッチや警報ブザー、離れた位置から運転/停止を一目で確認できるシグナルタワーを搭載し、安全面にも配慮している。

また、加熱処理のトレーサビリティ(作業履歴)を管理する目的で、各種モニタ機能、上位データベースとの通信機能を有している。作業情報にはバーコードで読み込まれ、作業の工程開始/終了、出力調整、アラーム及び各種モニタをすべてタッチパネル上で確認できる仕様となっている。

現在は、ハンディーCT電源の小型化を図り、ろう付だけでなく、幅広い用途で使用されている。

図6に10kW、30kW電源を示す。



(a) ハンディー CT (b) 10kW 電源 (c) 30kW 電源

図6 小型ろう付用電源とハンディー CT



図7 40kW ローター焼嵌装置 (HSF-SFTE40N)

4. 内コイル式ローター焼嵌装置

コンプレッサーなどのモーターに使用する、ローター焼嵌用の高周波加熱装置を図7に示す。DCローターはローター内部にフェライトが有るため、外コイルによる加熱だけでは内部への熱伝導が悪く、中心までの加熱が困難であった。当社では、シャフト穴側から加熱する内コイルを開発・製品化(特許取得済み:第3621685号)した。外加熱、内加熱を併用して、内外から同時に加熱を行うことにより、ローター内部の熱応力を抑えることが可能になった。図8にローター焼嵌用の内外コイルを示す。

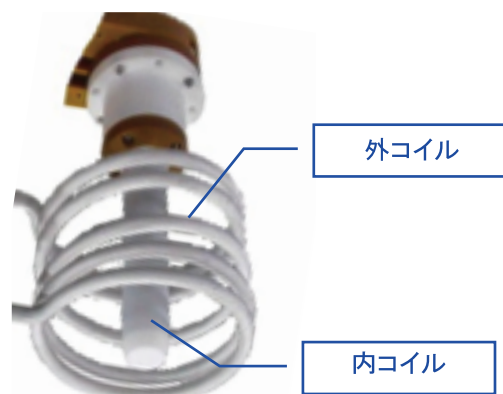


図8 内外コイル

表2 装置仕様

対象加熱物	銅線	外径	φ1～10mm
装置性能	加熱コイル	形状	銅線に合わせて決定
	電源	出力	30～200kW
		周波数	20～200kHz
		型名	SBT-EH, SFT-E, SFT
装置本体	工程仕様に合わせてご提案		

5. 高周波銅線加熱装置

高周波銅線加熱装置の仕様を表2に、外観図を図9に示す。本装置は、磁性・非磁性材など各種金属線の連続熱処理に対応可能であり、省スペース、省エネルギーの面から従来のガス炉や電気炉に替わる方式として使用されている。

本装置の特長、および用途例を以下に示す。

■特長

- ① ガス炉や電気炉からの置換えが可能
- ② IHにより省スペース、クリーン、安全
- ③ 高周波電源には小型インバータ式を採用
- ④ 線径や速度に対応した制御が可能
- ⑤ 磁性線や比較的太い線材は、20kHz から30kHzのSBT-EHシリーズで対応
- ⑥ 非磁性線は100kHz以上のSFTシリーズで対応
- ⑦ 銅線、磁性SUS線、非磁性SUS線、アルミ線、銅線、他各種金属線に対応

■用途例

- ① 各種金属線の焼鈍、塗装乾燥
- ② 各種金属管の焼鈍、塗装乾燥

6. 薄板均一加熱用MV型コイル^[4]

非磁性薄板の均一加熱は、従来、不可能であったが、図10に示すコイル構造にすることで、連続搬送する薄板に対して、板幅が変わっても均一加熱できる誘導加熱装置(図11)を中外炉工業株式会社との共同開発により実現した。

本装置の特長、および用途例を以下に示す。



装置外観

図9 高周波銅線加熱装置

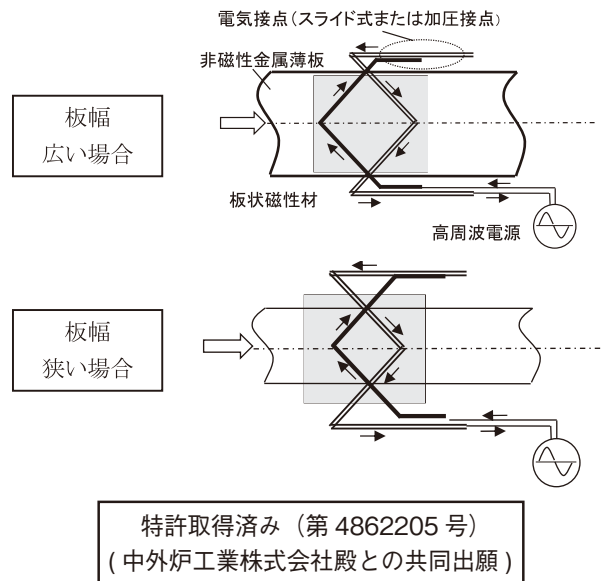


図10 MV型薄板加熱装置のコイル構造

■特長

- ① 磁性・非磁性薄板の均一加熱が可能
- ② コイル部をスライド調節させることにより、幅が変わっても均一加熱が可能
- ③ 炭素繊維(CF)シートの均一加熱が可能
- ④ マッフルを使って高温、還元ガス中での加熱が可能
- ⑤ 軽量、薄型のコンパクトな加熱装置を実現

■用途例

- ① 非磁性薄板の焼鈍
- ② 非磁性薄板の塗装乾燥
- ③ 非磁性薄板の触媒乾燥
- ④ 非磁性薄板のラミネート予熱
- ⑤ 従来炉の入口側予熱による処理速度アップ
- ⑥ 炭素繊維(CF)シートの加熱処理

表 3 高周波電源の主要仕様

型名	出力 [kW]	周波数 [kHz]	電源入力電圧	入力 [kVA]	外形寸法 W×H×D [mm]	質量 [kg]	
SFT-ES5	5	20~400	3φ200/220V	7	480×1100×400	50	
SFT-ES10	10			14		50	
SBT-ES20	20	3~30	3φ200/220V	24	750×1450×650	250	
SBT-ES30	30			36		250	
SBT-ES40	40			48		270	
SBT-ES50	50			60		270	
SBT-ES50	50		3φ400/440V	60		280	
SBT-ES75	75			90		280	
SBT-ES100	100			120			



図 11 MV 型薄板加熱装置 (加熱コイル部)



図 12 100kW 高周波電源

7. 誘導加熱用高周波電源^{[5][6]}

最後に、当社の高周波電源について紹介する。

従来の 5kW から 100kW までの小、中型機種モデルチェンジを行い、従来機種の SFT-E5 / 10N と SBT-EH / EL20 ~ 100 (E シリーズ) を ES シリーズとして統合した。これにより、高周波電源の更なる小型化と部品標準化によるサービスを向上させた。

本高周波電源の各種電源仕様を表 3 に、また、100kW 電源 (SBT-ES100) を図 12 に示す。

■特 長

- ①5/10kW の小型化、軽量化 (従来機種容積比：84%)
- ②50/75/100kW の小型化 (従来機種容積比 84%)
- ③インバータ回路の個別故障診断回路標準装備 (20 ~ 100kW 高周波電源が対象)
- ④高速立ち上がり (50msec 以下)
- ⑤高電源力率 (90% 以上)
- ⑥電源高調波低減 (高調波抑制対策ガイドラインによる高調波回路分類 No.11)
- ⑦RoHS 対応

8. むすび

2020年の東京オリンピックに向け、さまざまなかたちで新技術への取り組みがなされており、産業IH分野での自動化・高速化と省電力化への要求は、これまで以上のスピードで進展し、タイムリーな技術開発と設計・製造の効率化が要求されている。

当社も、自動車関連分野やそれに関わる素材分野など、各種分野への取り組みを行うなか、従来技術や従来用途に加え、今回紹介した各種装置・技術の展開や、市場のニーズに合わせた新技術への取組みを行っていく所存である。

9. 参考文献

- [1] 谷口“自動車関連の熱処理技術への取組み”，島田理化技報，No24，2014。
- [2] 松原，鈴木，田内“IH と炉のハイブリッド加熱技術”，島田理化技報，No22，2012。
- [3] 守上，瀬古，岡本“ハンディ CT を用いた IH ろう付装置”，島田理化技報，No22，2012。
- [4] 鈴木，岡本“高効率非磁性薄板 IH 装置”，島田理化技報，No21，2011。
- [5] 守上，阿部，田内“省電力型 IH インバータ”，島田理化技報，No21，2011。
- [6] 守上，篠塚，片岡“鋼管焼入れ用高周波電源”，島田理化技報，No24，2014。

筆者紹介

生産本部
産業IH
システム部



片岡 辰雄

生産本部
産業IH
システム部



田内 良男

生産本部
産業IH
システム部



高木 聖二

VSAT用デュアルバンドKa帯低雑音受信器

Dual band Ka band LNB for VSAT Systems

津野 二郎
Jiro TSUNO

笠原 康司
Kohji KASAHARA

森 智之
Tomoyuki MORI

近年の通信インフラは高速・大容量な情報伝送が可能な光ファイバーが主流となっている。一方で広域性・同報性・即時性に優れ、また大規模な地震や台風などの災害時でも有効な通信が可能で超小型地球局 (VSAT) を用いる衛星通信も米国を中心に世界各地で需要が急増している (図1) [1]。

当社では衛星通信の地球局で使用される2つの周波数バンドに対応した広帯域なデュアルバンド小型Ka帯Low Noise Block Downconverter (以下 Dual band Ka-LNB と略す) を開発したので紹介する。

1. まえがき

これらの衛星通信システムでの地球局は、アンテナ及び送受信モジュールで構成された屋外装置 (ODU) と変復調ならびにネットワーク接続機能を有した屋内装置 (IDU) で構成される。これらを総称して超小型地球局 (VSAT: Very Small Aperture Terminal) と呼び、通信インフラの整っていないエリアとの通信を可能にし、地上・海上問わず、移動車両、航空機など世界中で幅広く利用されている。また使用される周波数帯は、データ量の増大に伴い従来のCバンドからXバンド、Kuバンドに移行して来た。今後さらなるデータ量

の増加が見込まれ、これに合わせて周波数帯もさらに広帯域が確保出来るKaバンドへの移行が加速している。

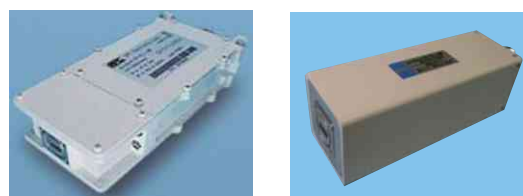
現在当社ではDual band Ka-LNBの開発を進めている。このLNBは1台で従来の政府系通信に加え、民間の海上衛星ネットワークを中心とした商用高速移動衛星通信サービスであるInmarsat社のGlobal Xpressのネットワークを1台でカバーすることが可能であり、世界中のどこでも通信でき、今後多くの需要が見込まれる製品である。

本稿では開発したDual band Ka-LNBに関して、構成機器の概要、性能等について述べる。

2. 当社におけるKa帯LNBの開発

2.1 Single Band Ka-LNB

当社では2007年より、Ka帯LNBの開発生産を



(a) 従来型 Ka LNB (b) 小型 Ka-LNB

図2 既存 VSAT用Ka帯LNB

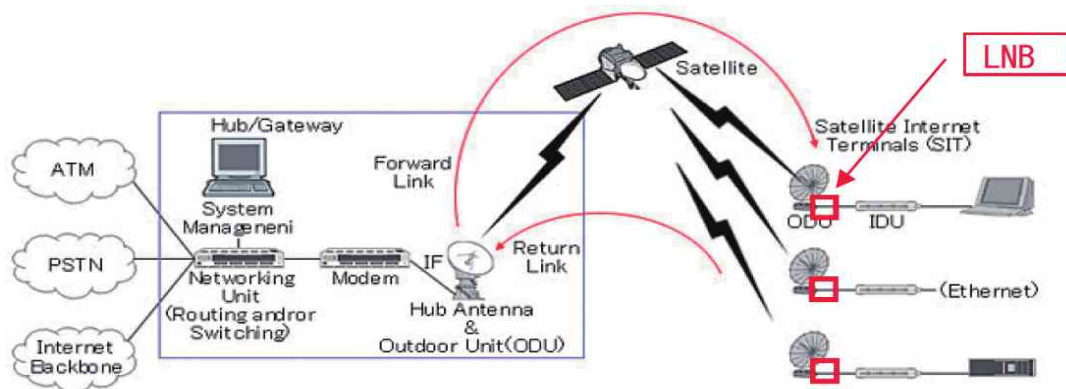


図1 衛星通信ネットワークの構成例

行っている。2010年にはこれをベースにさらに小型化、低消費電力を達成した小型 Ka-LNB の開発を行った。この Ka 帯 LNB は、シングルバンド対応である。

図2(a)に従来型のVSAT用Ka帯LNBの外観を、図2(b)に小型Ka-LNBの外観を示す。体積比で従来比約40%となっている。[2][3]

2.2 Dual band Ka-LNB の開発と特徴

これに対してより広範の使用の利便性を図るために、2バンドに対応した Dual band Ka-LNB (FG-type, FG: 固定利得) の開発を 2014 年度より開始した。以下に本製品の特徴を示す。

①デュアルバンド対応

政府系周波数帯ならびに民間周波数帯に対応可能である。動作周波数帯は、外部から供給される電源電圧により、自動的に Local 周波数を切り替えることで変更することができる。

広帯域でありながら、優れた利得周波数特性と低い雑音指数 (NF) を実現している。

②低消費電力

内部電源として、通常はノイズが多く低ノイズ増幅器には使用が困難と言われた DC/DC コンバータを採用し、低消費電力化を達成している。

③利得調整機能

利得調整機能を追加した Dual band Ka-LNB (VG-type, VG: 可変利得) もラインアップに揃えている。

3. 各構成部位の概要

3.1 構成

図3に Dual band Ka-LNB のブロックダイアグラムを示す。雑音指数を軽減するために増幅素子には HEMT を用い3段構成としている。

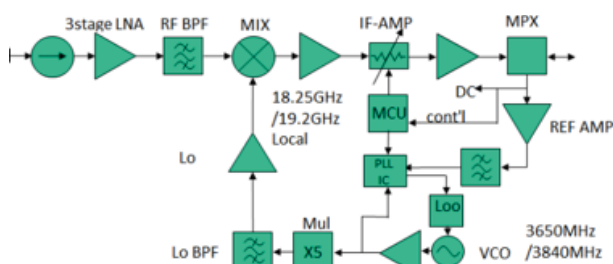


図3 ブロックダイアグラム

3.2 RF-IF 変換部

受信された信号は、アイソレータ、導波管 - マイクロストリップ変換、低雑音増幅器 (LNA)、ミキサ (MIX) を経て IF 帯へ変換され、IF 増幅器 (IF-AMP)、マルチプレクサ (MPX) を経て、IF 信号として出力される。

3.3 LOCAL 部

LOCAL 信号は、3,650MHz/3,840MHz の PLL 周波数シンセサイザ出力を 5 通倍する方式である。即ち、局部発振器、5 通倍器、BPF、Buff AMP という構成である。局部発振器は、外部入力 of REF と同期し、外部入力 of DC 電圧により LOCAL 周波数を切り替えている。

3.4 電源部

外部入力 of DC は +15V ~ +24V に対応し、+19V 入力時は高周波数帯域に対応し、+24V 入力時は低周波数 0 帯域に対応する。RF 周波数帯は、LOCAL 周波数により切り替えられる。前述のとおり DC/DC コンバータを使用し低消費電力化を図っている。

4. 本製品の設計上の課題と対策

4.1 ローカル部起因によるスプリアス対策

本製品は Dual band に対応しているため使用される周波数が広帯域である。またローカル周波数を切り替えて使用するため、内蔵の BPF はこの両方のローカル周波数を通過させる必要がある。このため通常の広帯域な BPF では、遮断特性が緩く不要波を十分に除去することが困難である。

対策としては 2 つの通過バンドを持ったダブルバンド BPF の採用なども考えられるが、搭載面積が増えるなどのデメリットもあるため、本製品では各部位からのスプリアスを極力発生させない設計をすることでこれを克服している。

4.2 DC 電源起因によるスプリアス対策

本製品は低消費電力化を図ることを目的に DC/DC コンバータを採用している。通常低雑音が要求される LNB には DC/DC コンバータから発生するスプリアスが問題となることが多く、製品に採用されることは少ない。これはスイッチング周波数や帰還回路における微小な発振が、スプリアス

としてローカル信号に付随し、IF 信号に出力されるためである。

このスイッチング周波数や帰還回路を最適な値となるように設計することにより、スプリアスを十分に抑圧している。

4.3 無条件安定性の確保

LNB は通常、導波管開口部を金属板等でショートとし、インピーダンスをゼロもしくは無限大とした場合でも安定で発振しないことが求められる。VSAT では伝送線路として導波管が使用されることが多いが、これらは帯域外でのインピーダンスは保証されておらず、どのような負荷が接続されても発振等を起こさずに安定していることが重要である。

本製品では、入力部にアイソレータを有しているが、アイソレータも使用帯域の外では、アイソレーション性能は保証されていない。本製品ではより安定性を確保するため、アイソレータ無しでも発振しないことを考慮した設計を行っている。その結果、実機にて入力端のインピーダンスを変えても不要発振を生じないことが確認できている。

なお、導波管のショート時の安定性を実現するためには、導波管のドミナントモード以外の高次のモードも充分検討しておくことが必要である。

表 1 Dual band Ka-LNB 諸元

Parameter	Specification
Input Frequency	19.20 to 21.20 GHz
IF Output Frequency	950 to 2000MHz
Local Frequency (select)	18.25 GHz , 19.2 GHz
Local Frequency Stability	Phase locked to external Reference
Noise Figure	1.5dB max @23°C
Input VSWR	1.25: 1 max
Output Return Loss	10dB min.
Spurious (Non-Carrier Related)	-70dBm max.
DC Supply Voltage	+15 to +26V
Power Consumption	5W max.
Weight	approx. 500g
Size W×H×D	44mm×44mm×145mm

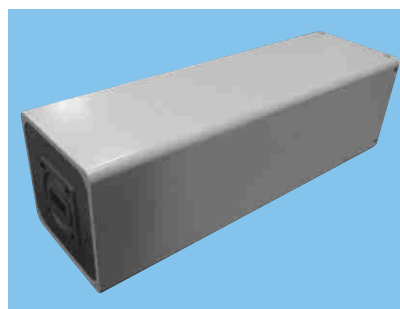


図 4 Dual band Ka-LNB

5. 性能

本 LNB は無条件安定性を確保しつつも広帯域にわたり低 NF を実現している。表 1 に Dual band Ka-LNB の諸元表を示す。また、図 4 は Dual band Ka-LNB の外観写真である。

図 5 に低周波数帯 (バンド 1) での雑音指数を、図 6 に高周波数帯 (バンド 2) での雑音指数の実測値を示す。いずれも IF 帯での周波数域での NF を表示している。

図 5, 図 6 より、NF 値としては 1.5dB 以下の良好な性能が達成出来ていることが分かる。

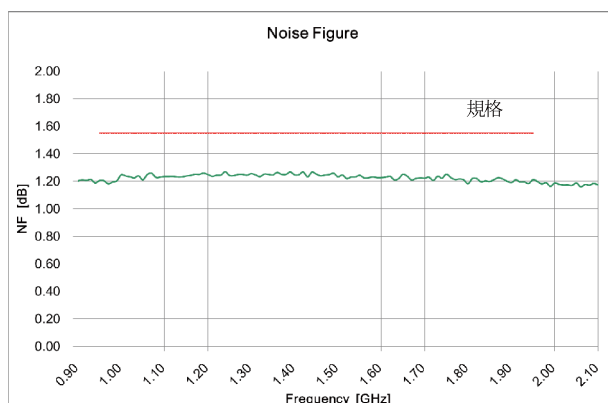


図 5 雑音指数 (低周波数帯)

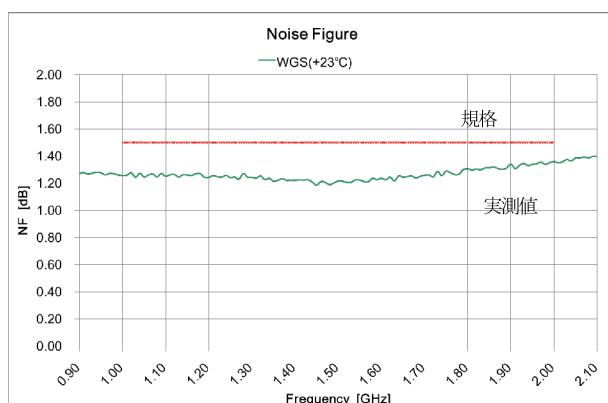


図 6 雑音指数 (高周波数帯)

7. 参考文献

- [1] 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構,
-通信放送衛星の市場動向調査 調査報告書, 2014.
- [2] 拮石 真一郎, 生駒 俊治, 田添 晃, 松永和之:
“Ka 帯衛星通信地球局用アップコンバーター, ダウンコンバーター”, 2006 年 島田理化技報 No.18, pp.54-58.
- [3] 拮石 真一郎, 三神 幸治, 松永 和之, “Ka 帯 VSAT システム用低雑音ブロックダウンコンバーター”, 2007 年 島田理化技報 No.19, pp.21-24.

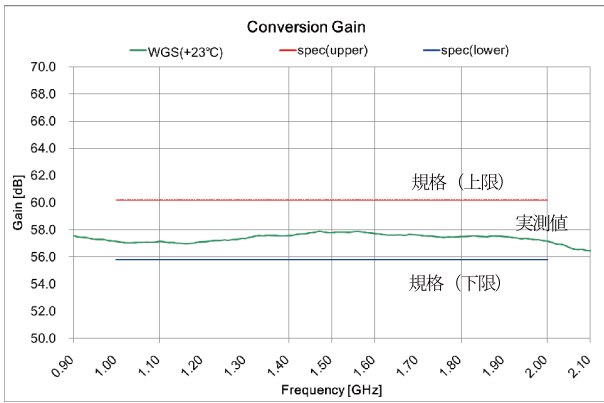


図7 利得周波数特性（低周波数帯）

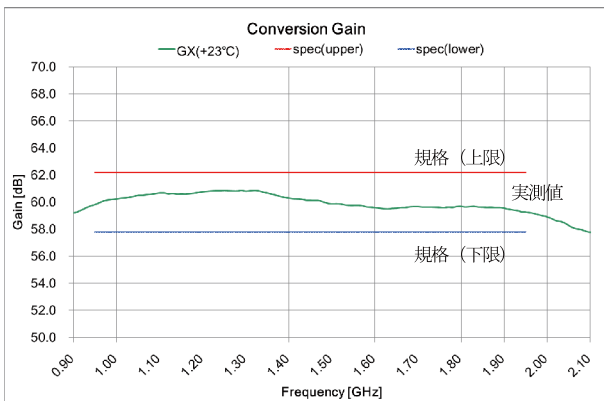


図8 利得周波数特性（高周波数帯）

図7に低周波数帯における利得対周波数特性を、図8に高周波数帯における利得対周波数特性を示す。図7, 図8はいずれも常温での実測データを示している。これまで示した通り、雑音指数、スプリアス特性なども温度特性も含め良好な値を得ることが出来ている。

6. むすび

今回、Ka帯で極めて広帯域かつ、低雑音なLNBの開発を行い、克服した技術課題と、得られた主要性能について示した。また、サンプル品の開発を完了し出荷を開始した。今後はさらなる量産に向けて、より安定なLNBへと改善していく予定である。なお、本製品の開発にあたっては、三菱電機株式会社情報技術総合研究所殿のご指導を頂いたことに深く御礼を申し上げます。

筆者紹介

生産本部
技術部
電気技術課
津野 二郎



生産本部
技術部
電気技術課
笠原 康司



生産本部
技術部
電気技術課
森 智之



次世代自動車用走行中非接触給電システム向け高周波電源

High Frequency Power Supply for Dynamic Wireless Power Transfer System for Future Electric Vehicles

高田 太郎
Taro TAKADA

田内 良男
Yoshio TANAI

石間 勉
Tsutomu ISHIMA

電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHEV) 等の次世代自動車の普及に伴い、自動車用非接触給電の実用化に向けた開発が行なわれている。その一環として、地上に設置した給電コイルから走行中の自動車に給電する走行中非接触給電システムが検討されている。当社では地上に設置するコイルに電力を供給する高周波電源の開発を行ない、次世代半導体である SiC を採用することで、高効率な性能を実現している。

1. ま え が き

走行中非接触給電システムでは、車両移動に伴い地上側コイルと車両側コイル間の結合係数や負荷が大きく変動する。従って、本システムで使用する高周波電源は、高効率の他に高速応答性と高安定性が重要になる。本論文では、高周波電源の構成、目標仕様、高効率化技術及び評価結果について紹介する。

表 1 高周波電源仕様

項目	仕様
型式	SCT-30ND
定格出力	600V0-P 50Arms 30kW 300V0-P 100Arms 30kW
出力周波数	80~90kHz の内1波
入力電圧	AC3φ 200V ±10% 50/60Hz
冷却方式	強制空冷
使用環境条件	温度: 5~35℃ 湿度: 85% 以下 腐食性ガスのない環境
外形寸法	L:1,075mm H:1,900mm W:650mm
質量	約 400kg

2. 高周波電源仕様

高周波電源の仕様を表 1 に示す。
定格出力は 30kW、周波数は 80 ~ 90kHz である。

3. 高周波電源の構成

図 1 に今回開発した非接触給電システムの地上側高周波電源の外観写真を示す。外形寸法は、L : 1,075mm H : 1,900mm W : 650mm である。

本機は屋内評価用のため、強制空冷方式で、正面から吸気、背面へ排気しているが、将来的には屋外用のさらに小型かつ最適な密閉構造を検討する。

図 2 に電源回路の系統図を示す。負荷は共振回路を構成している。

3.1 コンバータ部

電源電圧は 3φ200V とし、昇圧トランスを経て 3φ480V にて高周波電源に入力される。コンバー



図 1 高周波電源外観写真

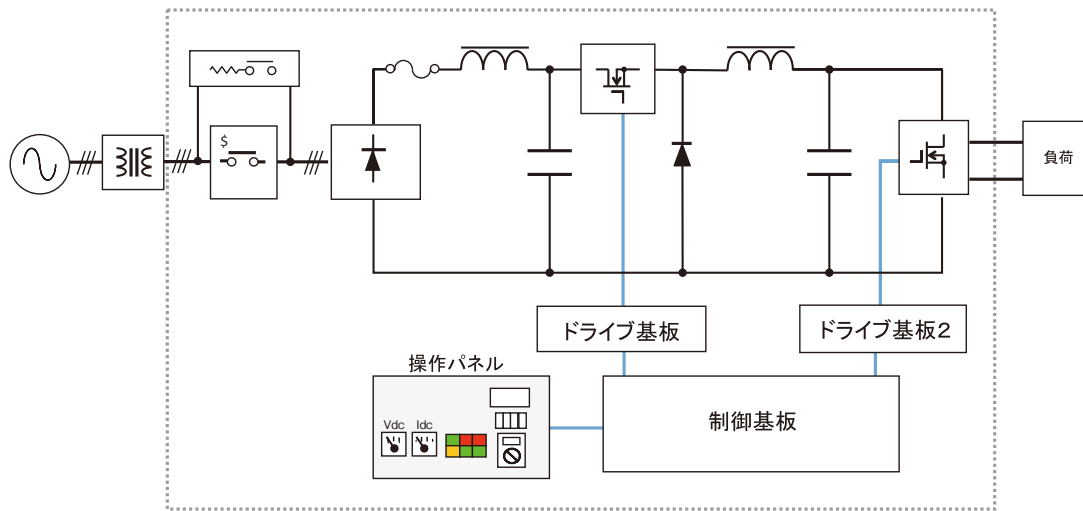


図2 高周波電源回路系統図

タ部は入力部にマグネットスイッチ、突入電流防止回路があり、ダイオード整流後、DCリアクトルを含む降圧チョッパ型コンバータで構成している。スイッチング素子はMOS-FETを使用し、フライホイールダイオードにはSiC型を採用して損失低下を図っている。

また、電源入力の高力率化のために12パルス方式の昇圧トランスを採用した。

3.2 インバータ部

インバータ部はフルブリッジ回路で構成されており、スイッチング素子は、フルSiC型FETモジュールを採用している。

コンバータ同様、SiCの低オン抵抗特性および高速スイッチング特性により損失低下を図っている。

次にその評価結果を報告する。

4. 高周波電源の評価結果

4.1 各部効率目標と評価結果

高周波電源の各部効率目標値と評価結果を表2に示す。コンバータ部は、力率が目標値0.95に対し、12パルス方式を採用することでDC600V時0.97と達成することができた。また、コンバータ効率は目標値97%に対し、97.4%と達成できた。

インバータ部は、印加される直流電圧2パターン(約300V, 約600V)の2条件で測定を実施した。発振周波数は約85kHz、インバータ出力電力は30kW以上である。目標値に対し、DC600V時99.2%以上の効率を達成した。また、コンバータ及びインバータトータルの総合効率は96%以上と

なった。具体的な測定点とデータを次項に示す。

表2 開発目標と効率効果

コンバータ		目標	結果	
			DC300V	DC600V
力率	-	0.95	0.93	0.97
効率	[%]	97	97.2	97.4
インバータ		目標	結果	
			DC300V	DC600V
効率	[%]	98	98.9	99.2
総合		目標	結果	
			DC300V	DC600V
効率	[%]	95	96.1	96.4

表3 コンバータ効率測定結果

AC 入力			
AC入力電圧	V_{AC1}	[V]	506.4
AC入力電流	I_{AC1}	[A]	38.05
AC入力	kVA	[kVA]	33.37
AC入力電力	P_{AC1}	[kW]	31.08
制御AC電圧	V_{AC2}	[V]	210
制御AC電流	I_{AC2}	[A]	1.2
制御入力電力	P_{AC2}	[kW]	0.25
入力電力	P_{AC}	[kW]	31.33
電源力率	λ	-	0.93
DC 出力			
出力直流電圧	E_{DC}	[V]	650.6
出力直流電流	I_{DC}	[A]	46.8
出力直流電力	P_{DC}	[kW]	30.45
効率			
コンバータ効率		[%]	97.2

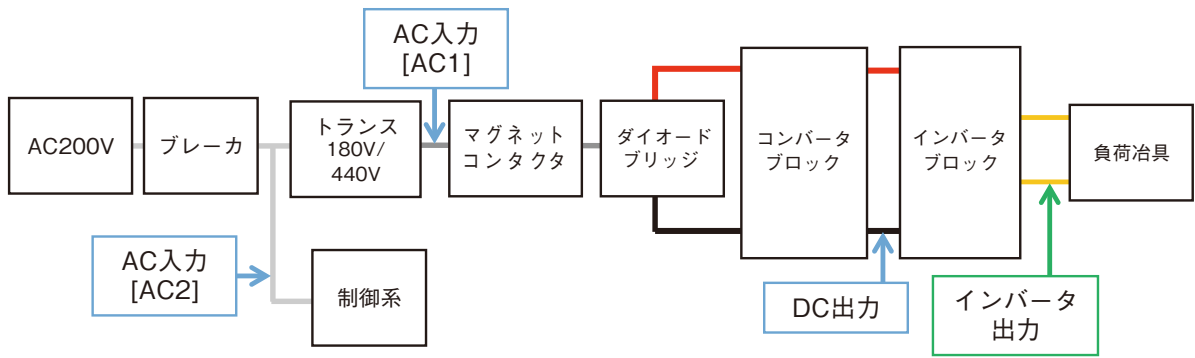


図3 各部効率測定ブロック図

4.2 各部効率測定の詳細説明

4.2.1 コンバータの効率測定

効率測定ブロック図を図3に示す。コンバータ効率は入出力部を計測し電力比で算出している。直流電圧 (EDC) が約 650V 時の測定データを表3に示す。コンバータ効率は97.2%を達成している。

4.2.2 インバータの効率測定

インバータの効率測定はコンバータ同様に図3の回路で測定した。インバータ効率は入出力部を計測し、電力比で算出している。測定データを表4に示す。

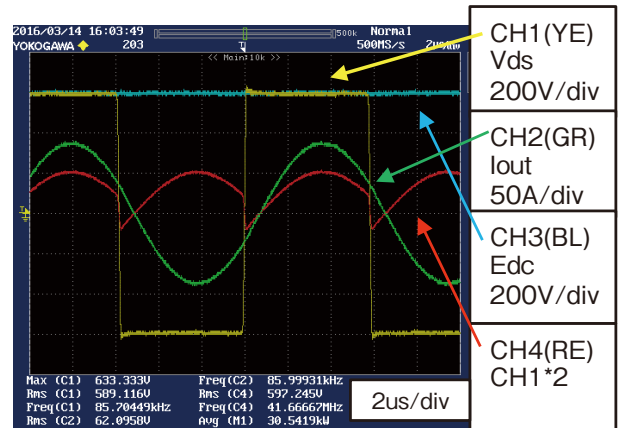


図4 SiC インバーター波形 (DC600V)

4.2.3 SiC インバータの波形結果

前項で効率測定した SiC インバータの各部波形を図4, 図5に示す。ターンオン, ターンオフ時のスイッチングノイズが抑制できている。

表4 インバータ効率測定結果
条件:位相ずれ ($\theta=20^\circ$)

インバータ入力 (DC)		DC300V	DC600V
E_{DC}	[V]	305.3	584.7
I_{DC}	[A]	101.15	2.36
P_{DC}	[kW]	30.87	30.61
インバータ出力 (高周波)		DC300V	DC600V
V_{OUT}	[Vrms]	310.1	578.3
I_{OUT}	[Arms]	115.3	61.97
周波数	[kHz]	81.9	85.7
P_{OUT}	[kW]	30.54	30.37
インバータ効率	[%]	98.9	99.2

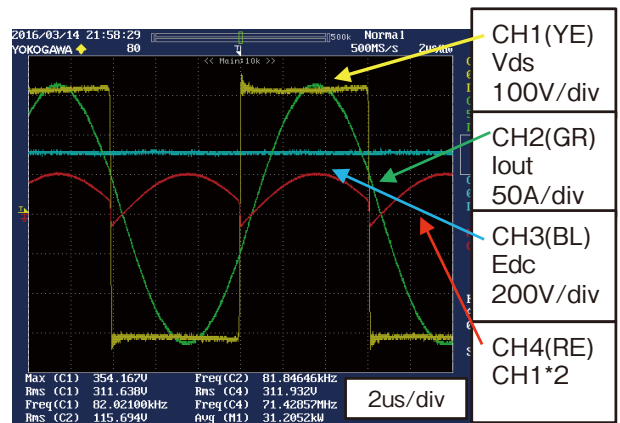


図5 SiC インバーター波形 (DC300V)

4.2.4 12パルストランス使用時の効率・力率測定

12パルストランスを使用した電源の効率測定回路ブロックを図6, 測定データを表5に示す。昇圧トランス使用時より力率 λ が0.978と改善できている。

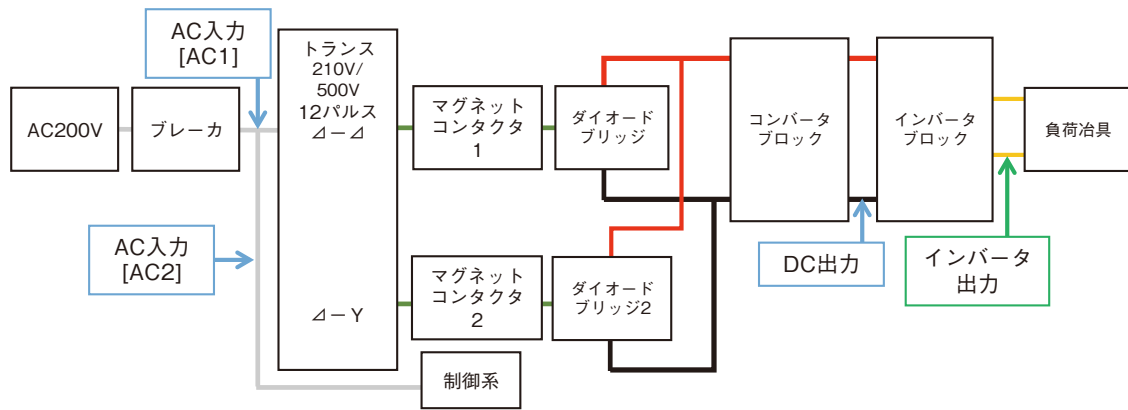


図6 12パルストランス使用時効率測定ブロック図

表5 12パルストランス使用時効率測定データ

AC 入力			
AC 入力電圧	V_{AC1}	[V]	201.4
AC 入力電流	I_{AC1}	[A]	95.7
AC 入力	kVA	[kVA]	33.4
AC 入力電力	P_{AC1}	[kW]	32.6
制御 AC 電圧	V_{AC2}	[V]	210
制御 AC 電流	I_{AC2}	[A]	1.2
制御入力電力	P_{AC2}	[kW]	0.25
入力電力	P_{AC}	[kW]	31.33
電源力率	λ	-	0.978
DC 出力			
出力直流電圧	E_{DC}	[V]	601.7
出力直流電流	I_{DC}	[A]	51.2
出力直流電力	P_{DC}	[kW]	30.8
インバータ出力			
出力電圧	V_{out}	[Vrms]	593.7
出力電流	I_{out}	[Arms]	61.7
出力	P_{out}	[kW]	30.3
効率			
コンバータ効率		[%]	97.4
インバータ効率		[%]	98.5

5. おわりに

走行中非接触給電システムで使用する高周波電源について、その開発結果を報告した。今回開発した高周波電源は力率、効率ともに目標値を達成することができた。今後は関連企業及び関連団体の皆様のご助力を得ながらより良い製品作りを目指し、さらに最適な走行中非接触給電システム構

築に貢献したい。

なお、本高周波電源は NEDO 助成事業の戦略的省エネルギー技術革新プログラム「次世代自動車用高速走行中非接触給電システムの開発」として開発を実施した。

参 考 文 献

- [1] 田内良男, 石間勉: 非接触給電インバータ, 島田理化技報, No.20, pp.47-50, 2008
- [2] 松村琢夫, 田内良男: 非接触給電インバータ, 島田理化技報, No.21, pp.23-30, 2011

筆者紹介

生産本部
産業IH
システム部
高田 太郎



生産本部
産業IH
システム部
田内 良男



生産本部
技師長
石間 勉



2GHz帯 Low Noise Amp

■概要

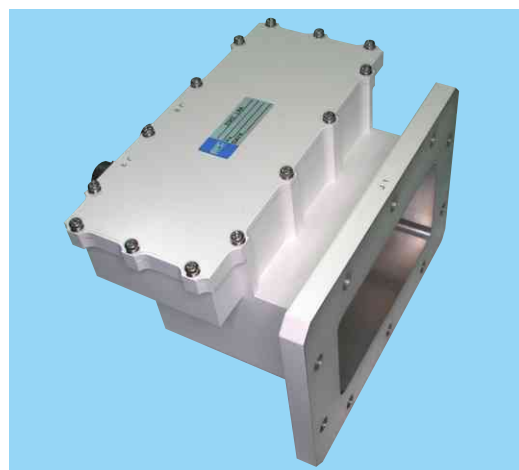
GaAs FET を採用した、2GHz 帯の Low Noise Amp (以下 LNA) です。雑音温度 (NF:Noise Figure) が 60K (0.796dB) 以下という低雑音特性を有しており、各 CH 間の位相偏差を小さくするため製作ロット内の位相偏差を 7° 以内に抑えた LNA です。移動通信・レーダ等の各種 RF 信号の受信用途に適しています。

■特長

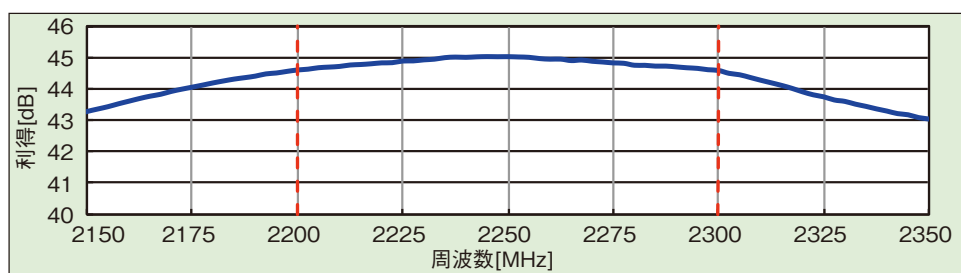
- ①2GHz 帯で低雑音 (NF:60K (0.796dB) 以下) な増幅器です。
- ②製作ロット内の位相偏差が小さい (7° 以内) 増幅器です。

■主要性能

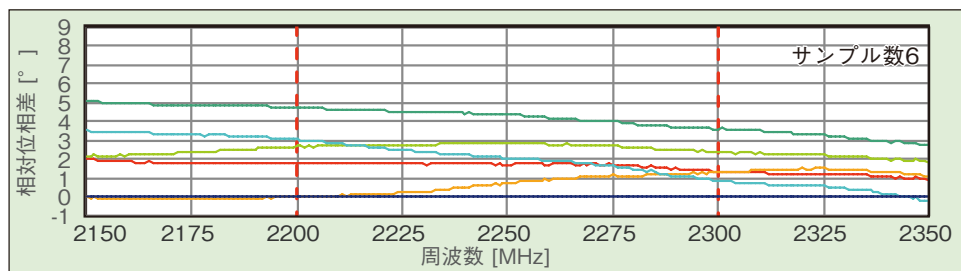
項目	仕様
周波数	2.2~2.3GHz
利得	44.0 ±2.0 dB
振幅周波数特性	1.0dBp-p 以内
利得安定度	± 0.9dB 以内 / -10~+50℃
P1dB	+10.0dBm 以上
雑音温度 (NF)	60K(0.796dB)以下 @+25℃
入出力 VSWR	1.5 以下
相対位相差	ロット内 7° 以内
消費電流	+15V, 300mA 以下
入力フランジ	PRJ-2(P)
出力コネクタ	N-female
外形寸法	190.5 × 161 × 114.9mm (突起物含まず)



2GHz LNA 外観写真



利得



ロット内位相偏差

問い合わせ先
事業管理部
TEL 042-481-8573

電力合成用切替器

■概要

本製品は、導波管切替器を内蔵した電力合成器です。

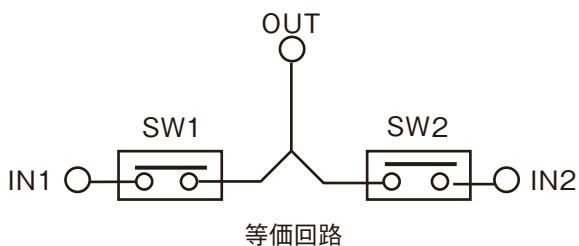
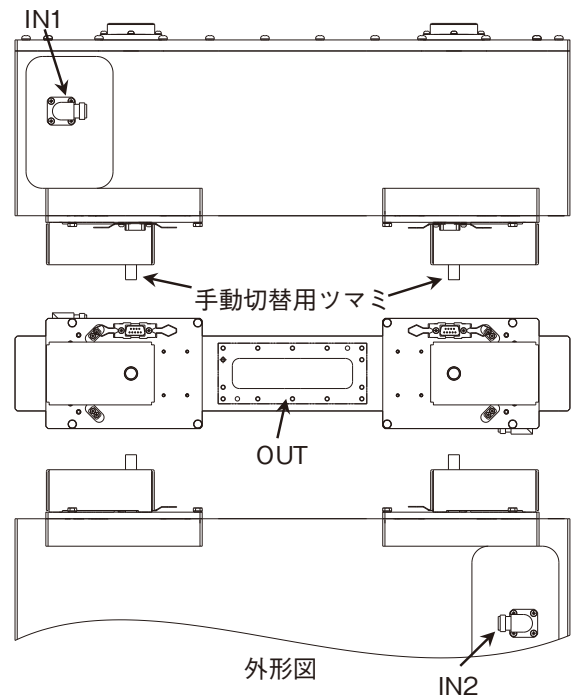
通常は、信号源からのRF信号を同相合成して使用します。片方の信号源が故障等で使用出来なくなった場合でも、導波管切替器でその経路を遮断すると共に整合状態を保つため、故障側の影響を受けずに正常な信号源で運用する事が可能です。

■特長

- ① S帯のRF信号を導波管合成器により低損失での電力合成が可能。
- ② 高精度なケースの一体加工により入出力端子間の位相差の低減化を実現。
- ③ 入力側に高アイソレーションの導波管切替器（SPST）を内蔵。
- ④ 高寿命設計により切替寿命 10 万回を実現。
- ⑤ 最適化により遮断時における通過ポートの挿入損失の周波数特性を平坦化。

■主要性能

項目	性能値
中心周波数	S 帯
挿入損失	0.17dB 以下（通過時）
	0.8dB 以下（片側ショート）
V SWR	1.15 以下
振幅差	±0.1dB 以下
位相差	±2deg 以下
耐電力	220 W CW 以上
アイソレーション	30dB 以上 （片側又は両側ショート）
切替時間	1 秒以下
外形寸法	W 160 × D 100 × H 504 mm
動作電圧	DC24V 1A 以下
切替動作	ラッチング型
導波管サイズ	WMI-22 相当



問い合わせ先
事業管理部
TEL 042-481-8573

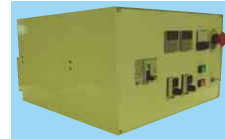
I Hハンディー式加熱装置

■概要

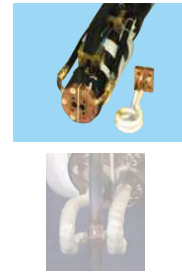
I H(誘導加熱) 技術を応用したハンディー式加熱装置です。作業者が、加熱コイルを装着したハンディーCTを手を持って、容易にろう付け(はんだ付)などの加熱作業を行うことができます。塗膜剥離の用途にも使用できます。

■特長

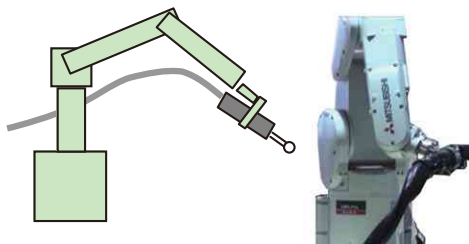
- ①コンパクトで安全
- ②クリーンな作業環境を実現
- ③加熱条件の設定が可能であり、熟練者でなくても作業可能
- ④フレキフィーダにより装置本体から10m以内の移動作業が可能(最大50mまで延長可能)
- ⑤フレキフィーダは100万回の屈曲試験をクリア
- ⑥タッチパネルにより加熱条件の設定が可能



D-B5/10電源の外観(左)とハンディーCT(右)



D-B20/30電源の外観(左)とハンディーCT(右上)、加熱例(右下)



■加熱対象例

分類	加熱対象品
機械部品	バイトチップ, 削岩用工具 コレットチャック, 高圧配管継手 コンクリートカッター, 圧力部品
家電部品	コンプレッサー, クーラーバルブ 石油ストーブタンク
電子部品	計器, スイッチ, フィルターケース ブレーカー部品, ダイヤフラム
自動車部品	オイルフィルター, ガソリンタンク マフラー
自動車部品	フレーム, ハンドル
その他	電管用モーター

装置型式	出力 [kW]	構成	電源入力	冷却水 [L/min]	外形 W×H×D [mm]		質量 [kg]
					寸法	φ×L [mm]	
D-B5	5	I H電源	3φ,200V,7kVA	5	431×264×525	25	
CT-5CA		ハンディーCT	-	5	φ58×200~250	2	
D-B10	10	I H電源	3φ,200V,14kVA	5	431×264×525	25	
CT-10CA		ハンディーCT	-	6	φ58×200~250	2	
D-B20	20	I H電源	3φ,200V,24kVA	10	440×890×400	75	
CT-20CA		ハンディーCT	-	8	φ88×200~250	6.5	
D-B30	30	I H電源	3φ,200V,36kVA	15	440×890×400	75	
CT-30CA		ハンディーCT	-	10	φ88×200~250	6.5	

問い合わせ先
事業管理部
TEL 042-481-8573

薄板（鋼材，非磁性材）用誘導加熱装置

●ソレノイド式加熱装置

■概要

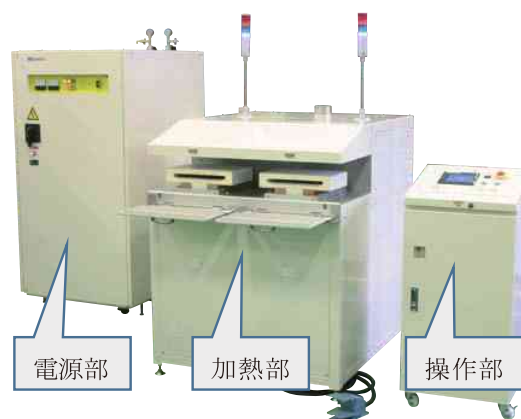
薄板に通常使用されている誘導加熱装置です。ガス加熱からの置換えにより，作業環境の大幅な改善や加工品質の向上を図ることができます。

■特長

- ①クリーンな作業環境を実現できます。
- ②双頭式コイルを使用することで作業効率の改善を図ることができます。（右の写真は100kW装置）
- ③ロボットや自動搬送装置を使うことで，無人化対応も可能です。

■用途

- ・鋼板の切り板プレス前加熱
- ・切り板連続送り加熱
- ・非磁性SUS，アルミなどの板材の加熱



100kW プレス前双頭式加熱装置

●トランスバース式加熱装置

■概要

連続搬送する非磁性薄板に対して，板幅が変わっても均一加熱できる誘導加熱装置です。

■特長

- ①従来はエッジ過加熱のため使用が難しかった非磁性薄板に対して均一加熱が可能です。（磁性にも対応）
- ②M型コイル部とV型コイル部をスライド調節させることにより板幅が変わっても均一加熱ができます。
- ③マッフル（耐火隔壁）を使って高温，還元ガス中の加熱が可能です。



40kW 2連 MV型薄板加熱装置

特許取得済み（第4862205号）
（中外炉工業株式会社殿との共同出願）

■用途

- ・非磁性薄板塗装乾燥
- ・非磁性薄板触媒乾燥
- ・非磁性薄板ラミネート予熱
- ・従来炉の入口側予熱による処理速度アップ
- ・炭素繊維（CF）シートの加熱処理
- ・磁性SUS，キュリー点以上の鋼板にも対応可能

■主要仕様

型名	出力電力[kW]	周波数[kHz]	コイル部冷却水 [L/min]	コイル部外形寸法 W×H×D[mm]	質量[kg]
SIH-ESL/H-MV40	40	8 / 25	30	1,600×875×2,325	1,200
SIH-ESL/H-MV75	75	8 / 25	50	2,200×1,020×2,600	1,400

問い合わせ先
事業管理部
TEL 042-481-8573

特許紹介

導波管サーキュレータ 特許第5766838号

出願2015年8月 発明者 北上 景一

■概要

印加する磁界の向きを変化しなくても、2つの異なる回転方向に伝送可能な導波管サーキュレータを提供する。

■従来技術の課題

従来のサーキュレータは、印加した磁界の向きによって電波が伝送される回転方向は常に一方のみであり、使用可能な用途は限定されていた。

■発明の手段と効果

図1に示すように、本発明は、一般的なH面分岐である導波管サーキュレータとは異なるE面分岐の構成をしている。図2は図1の上面図である。

図3は、特性の一例を示しており、実線が入力端子1における反射減衰量特性，長破線が入力端子1から出力端子2への通過損失特性，点線が入力端子1から出力端子3への通過損失特性を示している。図中の f_1 と示した周波数帯域では端子1→端子3→端子2→端子1という回転方向に伝送するのに対し， f_2 と示した周波数帯域では端子1→端子2→端子3→端子1という回転方向に伝送可能となっている。

図4は使用用途としての一例を示している（図中の55が本発明品で、56と57は従来品）。周波数帯域を2つ有し，それぞれ回転方向が異なることから，送受共用器として利用可能である。

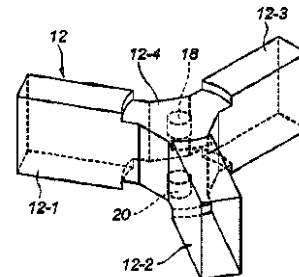


図1 E面分岐型導波管サーキュレータ

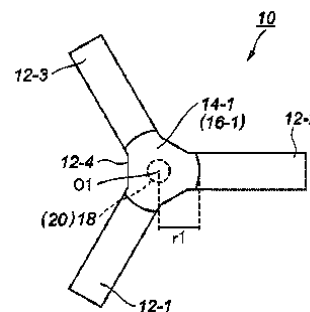


図2 サーキュレータの上面図

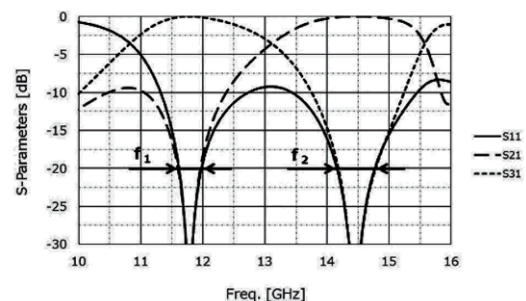


図3 特性の一例

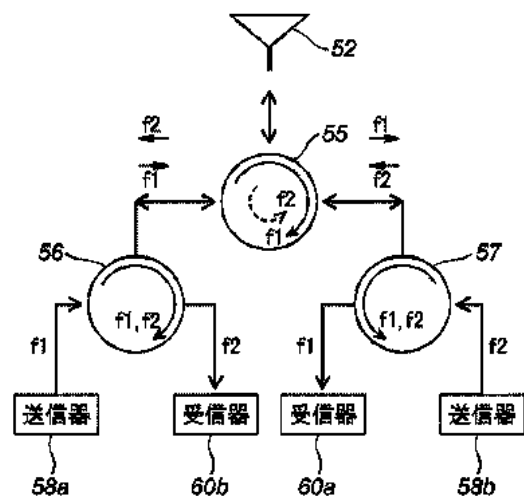


図4 使用用途例

誘導加熱コイル 特許第5865857号

出願2013年2月 発明者 片岡 辰雄, 田内 良男, 石間 勉

■概要

不定形の被加熱物表面に対して均一加熱することができる誘導加熱コイルを提供する。

■発明の利用分野

誘導加熱装置に関する技術であり、金属被加熱物やカーボン繊維シート of 均一加熱分野で使われる。

■従来技術の課題

従来は、決められた被加熱物表面形状に合わせて渦巻き状の加熱コイルを配置していたため加熱温度分布も悪く、また不定形の複数の被加熱物に対して、一つの加熱コイルを使って均一加熱することができなかった。

■発明の効果

一つの加熱コイルを使って複数の不定形の被加熱物に対して均一加熱を可能にした。

■発明の手段

図1に示すように、銅パイプを使って8の字型のコイル形状を繰り返すことにより均一磁界を生成させ、面加熱可能な加熱コイルを構成している。

図2は、図1のパイプの重なり部分を無くしたコイル形状とし、それぞれに同期した電源を接続したものである。

図3は、X方向とY方向にそれぞれ図2のコイルを配置し、各コイルには同期した電源を接続してそれぞれコイル電流を調整し、菱形部の磁界をX、Y2つのコイルの合成として加熱分布を調節できるようにしたものである。

図4は、一枚の銅板にそれぞれ菱形の接続孔を複数形成させた構造の加熱コイルである。高周波電流がインダクタンスの小さい菱形孔部分に集中して流れることを利用している。これにより、図2、図3のコイル構造を銅板一体型で構成できるようにしている。

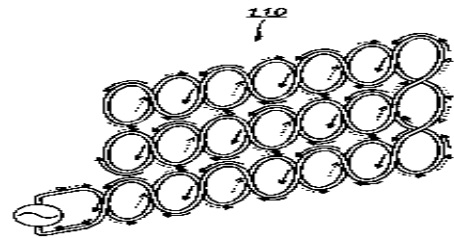


図1 均一加熱コイル

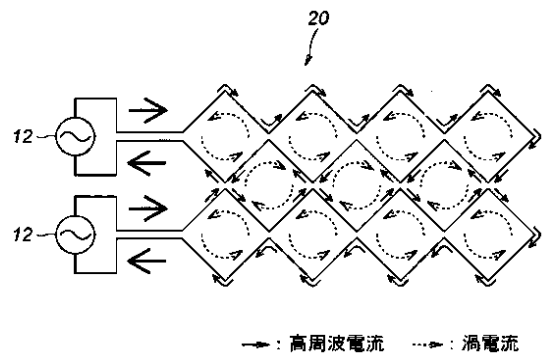


図2 均一平面コイル

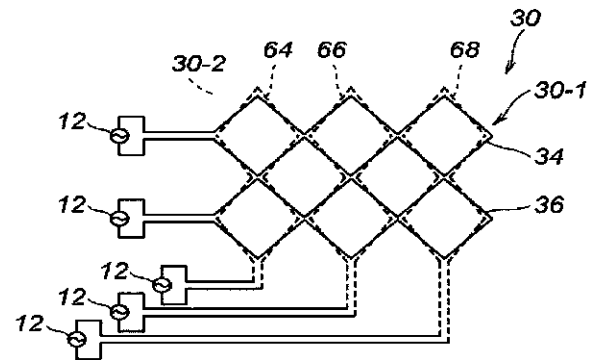


図3 加熱分布調節コイル

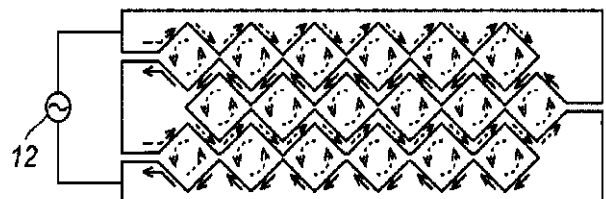


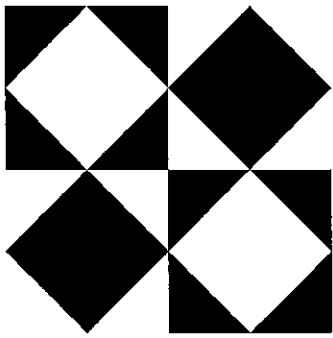
図4 銅板一体型加熱コイル

特許登録紹介

(2014年4月～2016年3月登録分)

登録番号	発明の名称	発明の概要		備考
5513545	帯域通過フィルタ	発明の利用分野	共振棒を複数個配置の上、それらを電磁界結合して構成した帯域通過フィルタ。	
		従来技術の課題	インターデジタル結合を用いた帯域通過フィルタにおいては、調整ネジが外ケースの上面および下面の両側に配置されており、調整作業が難しく扱いにくかった。 一方、コムライン結合を用いた帯域外通過フィルタにおいては、調整ネジが外ケースの一方の面に集中しており調整作業がしやすい利点があるものの、共振棒間の電磁界の結合が弱く広帯域のフィルタの場合大きな欠点があった。 そのためコムライン結合及びインターデジタル結合で得られる各利点を併せ持つ結合方法が要望された。	
		発明の手段と効果	外ケースの同一面に設置された共振棒間を金属の結合棒で接続することにより、共振棒間の結合を強くすることができ、かつ調整作業が容易にできる。	
5656779	アンテナ装置	発明の利用分野	移動体通信の基地局用アンテナとして、天井などに設置される低姿勢のアンテナ装置であり、特に容量装荷型のモノポールのアンテナ装置。	三菱電機株式会社殿との共同出願
		従来技術の課題	低姿勢広帯域なアンテナを得る場合、直径が1波長以上となる地板が必要であり、アンテナが大きくなる問題があった。 更に円環パッチアンテナの内側に円形パッチアンテナが設置されている2周波共用アンテナの場合、水平面内では無指向性にならず、パッチの上方向に指向性を持つ問題があった。	
		発明の手段と効果	モノポール導体及び短絡導体を通されるスリーブ導体とを備えるように構成したので、アンテナの直径が小さく、かつ低姿勢で広帯域な水平面内無指向性を得ることができる。	
5619477	誘導加熱装置	発明の利用分野	熱容量の異なる複数の部位を有する被加熱物を、一定の間隔で順次搬送して連続的に誘導加熱する誘導加熱装置であり、特に金属塗装品の焼き付け乾燥に適した誘導加熱装置。	東芝キヤリア株式会社殿、日本ペイント・インダストリアルコーティングス株式会社殿及び株式会社吉野工作所殿との共同出願
		従来技術の課題	組立完成品を一定の送り速度で順次搬送して連続的に加熱すると、熱容量の小さい部位が急激に加熱されてしまい、塗装品質が確保できない。一方、組立完成品を間欠的に搬送して加熱したり、バッチ式に加熱したりしたのでは、処理効率が悪い。	
		発明の手段と効果	搬送されてくる被加熱物を挟んで対向するように配置されたコイル体を、対向間隔の狭い領域と広い領域が交互に形成されるように配置することにより、熱容量の大きい部位は狭い領域を通過する際に主に加熱され、熱容量の小さい部位は広い領域を通過する際に主に加熱されるよう高周波電源にて調整することで、部位毎の温度差を極力小さくしながら加熱できる。これにより、外部加熱方式を利用せずに済み、消費エネルギーやCO2排出量を削減でき、装置の設置スペースも広く取らずに済む。	

登録番号	発明の名称	発明の概要		備考
5730924	故障検知回路	発明の利用分野	インバータ素子におけるトランジスタの故障を検知する故障検知回路。	
		従来技術の課題	インバータ素子につき、所定のトランジスタに短絡などの故障が生じた場合、高周波電源を停止後、個々のトランジスタの電極にテスターを接触して導通の有無を測定し、どのトランジスタに故障が生じたのかを確認していた。 ここで、所定のトランジスタが故障状態のまま作動し続けると、インバータ素子に設けられた他のトランジスタなどに連鎖的に不具合が生じてしまい、故障範囲が拡大するため、故障が生じたトランジスタを見つけるには、全トランジスタに対してテスターによる測定が必要であった。 これにより、数多くのトランジスタを並列動作させる大電力インバータなどにおいて、故障したトランジスタを見つける作業で多大な復旧時間を要していた。	
		発明の手段と効果	ドライブ回路から故障したトランジスタに出力される駆動信号により発光するLED、または当該ドライブ回路から故障した当該トランジスタに出力される駆動信号が入力されると信号を出力するフォトカプラを設けることにより、作業者が容易に故障したトランジスタを特定することができる。	
5764234	プリント配線板の製造方法	発明の利用分野	プリント配線板の製造方法に関するもの。	
		従来技術の課題	プリント配線板では、半田付け性を考慮して各スルーホールのスルーホール銅めっき層の厚みを設定する必要があったため、特定の配線用スルーホールのスルーホール銅めっき層の厚みだけを厚くすることはできなかった。	
		発明の手段と効果	表面及び裏面に銅箔層が形成された銅張り基板を加工することにより、スルーホール銅めっき層の厚みの最適化が図れた2種類のスルーホールを有するプリント配線板をコストの大幅な上昇を招くことなく、製造することができる。また、工数を削減して製造コストの低減を図ることができる。	
5766838	導波管サーキュレータ	別掲		
5838254	誘導加熱装置	発明の利用分野	非磁性材または磁性材よりなる薄板状の被加熱物を対象とする工業加熱分野に用いる誘導加熱装置。	中外炉工業株式会社殿との共同出願
		従来技術の課題	薄板状被加熱物の幅が小さくなると、薄板状被加熱物の加熱物の加熱効率が低下する問題があった。	
		発明の手段と効果	移動可能な加熱コイルの移動により第1空間のみが拡大または縮小し、第1空間、第2空間および第3空間で、生じる磁束が逆向きとなるようにしたため、幅の小さな薄板状被加熱物であっても、薄板状被加熱物への加熱効率の低下を抑えるとともに、薄板状被加熱物のエッジ部への過剰な加熱を抑制することができる。	
5865857	誘導加熱コイル	別掲		
5876133	誘導加熱装置	発明の利用分野	非磁性材または磁性材よりなる薄板状の被加熱物を対象とする工業加熱分野に用いる誘導加熱装置。	中外炉工業株式会社殿との共同出願
		従来技術の課題	誘導加熱装置では、高周波電流の接点部において長時間連続で給電することができないことが問題であった。	
		発明の手段と効果	移動可能な加熱コイルが移動している際には板状部材を押圧せず、加熱コイルの移動が完了した際に、板状部材を押圧することで、加熱コイルの電氣的な接続部分が加熱されにくい効果がある。	



営業分野及び主要製品

【電子機器】

同軸・導波管コンポーネント

- ・通信・給電部品
- ・通信用コンポーネント
- ・レーダ給電系コンポーネント
- ・衛星搭載用コンポーネント

通信機器

- ・衛星通信コンポーネント
- ・準ミリ波・ミリ波送受信製品

電子機器

- ・マイクロ波発振器
- ・高周波電力増幅器
- ・シミュレータ
- ・マイクロ波・ミリ波アクティブコンポーネント

【産業機器】

産業IH機器

- ・溶解・蒸着製品
- ・熱処理製品
- ・予熱・加熱製品
- ・接合製品
- ・高周波電源
- ・薄板加熱製品
- ・塗装乾燥製品
- ・高温加熱製品
- ・非接触給電製品

島田理化技報編集委員会

委員長 石間 勉

副委員長 浅利 哲
大竹 康紀

委員 四分一浩二
高木 聖二

事務局 吉岡 善信
堀米 義嗣
大和田達郎

島田理化技報 No.25(無断転載を禁ず)
2016年12月8日 発行

発行所 東京都調布市柴崎2丁目1番地3
島田理化工業株式会社
TEL (042)481-8510(代表)
FAX (042)481-8596(代表)
ホームページ <http://www.spc.co.jp/>

編集兼発行人 島田理化技報編集委員会

印刷所 東京都立川市上砂町5-1-1
株式会社 弘久社
TEL 042-536-3511

