

GaN高出力増幅器による40W級S帯アクティブ集積フェーズドアレーアンテナの試作・評価

Fabrication of a 40W S-Band Active Integrated Phased Array Antenna with a GaN High Power Amplifier

● Hirofumi NOJI, Johta AWANO, Yasuhiro SHIBUYA, Kosuke ISONO, Masakazu HORI, Yuta Kobayashi, Tomohiko SAKAI, Mitsuo YAMADA, Zenichi YAMAMOTO, Takaji KATO, Hisato ISHII, Fusaichi NONAKA, Kaneaki NARITA, Shigeo KAWASAKI

研究体制 川崎研究室—相模原DE通信G, 筑波DE通信G, UDSC, 統合追跡NW, 宇宙技術開発

研究経緯・目的

宇宙衛星の送信系増幅器にはSSPA(Solid State Power Amplifier: SSPA)もしくはTWTA(Traveling Wave Tube Amplifier: TWTA)のいずれかが搭載されている。従来のGaAs半導体を用いたSSPAはTWTAに比べて高信頼、長寿命であると考えられているが、廃熱が大きい問題があるため、周波数、廃熱量、サイズに応じてTWTAと使い分けられている。近年、研究が盛んに行われているGaN半導体を用いたSSPAに用いることによって、出力電力、効率が大幅に向上し、同等のGaAsを用いた場合に比べて廃熱量が抑制され、電子管に比べてサイズを小さくできる。

また、次世代宇宙通信として地上用S帯高出力高効率コンパクトSSPAと数十kW級電力合成器の実現が望まれている。これには、10W級出力のドライバーアンプに数百W級コンパクトGaN高出力アンプのアンプユニットの開発が必要である。なお、10W級ドライバーアンプは衛星搭載用SSPAとしても使用できる。

本研究では、今後地上用や宇宙衛星への搭載が期待されるGaNを用いた宇宙通信S帯40W級コンパクト高効率SSPAと広い角度で一定の電力を送信することが可能となる6素子コンフォーマルアレーアンテナを試作し、それらを組み合わせて衛星搭載を目指した送信系ユニットとして特性を評価した。

40W級GaN SSPAは既に200W級GaN SSPAのドライバーアンプとして線形領域で利用している。

試作・検討

40W級GaN SSPA

40W級GaN SSPAは11.0cm×9.0cm×2.7cmの大きさで、動作周波数2.025~2.110GHzである。回路構成は3段増幅によるAB級動作で、初段、2段目の増幅素子にGaN HEMT、3段目にSi LD MOSFETで40W級出力を得る構造である。外観をFig.1、回路構成をFig.2に示し、2.076GHzで得られた特性をFig.3に示す。



Fig.1 40W級GaN SSPA 外観



Fig.2 冷却用水冷装置

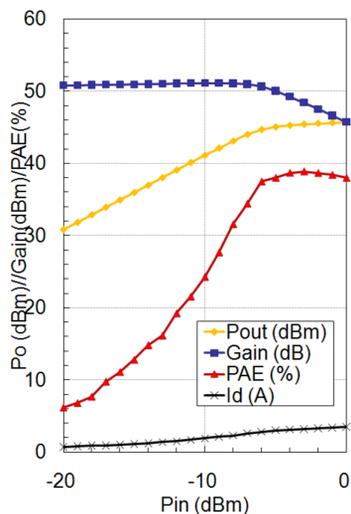


Fig.3 GaN SSPA入出力特性
Pin vs Pout, Gain, PAE, Ids
Freq=2076MHz, Vgs=-5V, Vds=28V

6素子コンフォーマルアレーアンテナ

6素子コンフォーマルアレーアンテナは1×2素子パッチアンテナを有する14.3cm×17.6cmの基盤3枚を120°の角度をつけて構成される。その外観をFig.4に示す。アンテナ設計はADS(Agilent)を用いて行い、アンテナ放射パターンは電磁界シミュレータHFSS(Ansoft)を用いて解析した。その結果をFig.5に示す。作製したパッチアンテナは2.020~2.080GHzの範囲で反射係数が-10dB以下であり、遠方界のAP(アンテナパターン)の測定環境をFig.6, 7に示し、得られた1, 2, 6素子アンテナの特性をFig.8に示す。

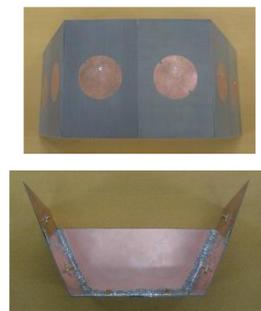


Fig.4 6素子コンフォーマルアレーアンテナ
上:正面 下:上面

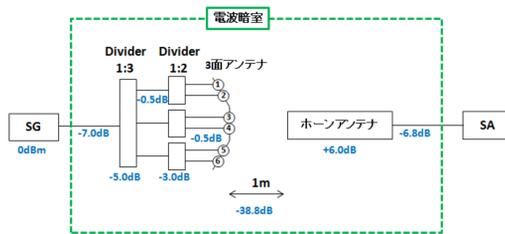


Fig.6 6素子コンフォーマルアレーアンテナ 遠方界AP測定ダイアグラム



Fig.7 遠方界AP測定環境

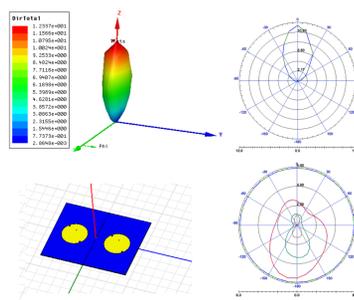


Fig.5 2素子アレーアンテナ APシミュレーション結果
左上:3D AP 右上:Z軸方向へのAP 右下:Theta0°~90°までのAP(30°step) 左下:解析アンテナシミュレーション周波数 2.075GHz

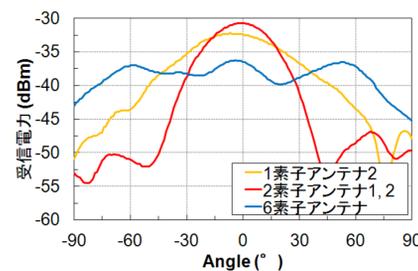


Fig.8 1, 2, 6素子アンテナのAP
測定周波数 2.075GHz 入力電力0dBm

送信系ユニット

40W級GaN SSPAと6素子コンフォーマルアレーアンテナを組み合わせて衛星搭載用送信系ユニットとした。

電波法により試作した送信系ユニットの入出力特性を評価することはできないが、Fig.9のような測定システムで特性評価した場合のAP推測値をFig.10に示す。SSPA効率が最高となる非線形領域で動作させることを想定し、利得45dBをSSPA無しの受信電力に加えた。

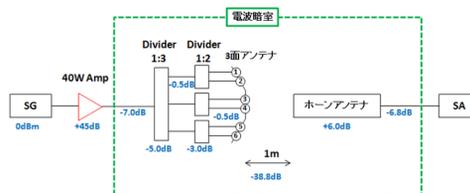


Fig.9 送信系ユニット 遠方界AP測定ダイアグラム

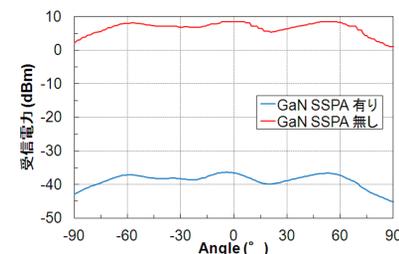


Fig.10 GaN SSPA6素子コンフォーマルアレーアンテナ 推測AP

まとめ・課題

6素子コンフォーマルアレーアンテナで±70°でピーク値に対する落ち込みをほぼ3dB以内に抑えることができた。しかし、軸比のずれからポインティングエラーが起きてピーク値が0°からずれたアンテナである。その点を改善するために再設計する。また、40W級GaN SSPAの最高効率を39%から向上させるための設計を行い、衛星搭載用SSPAや200W級GaN SSPAのドライバーアンプとしての性能を高める。

送信系ユニット全体としては、移相器を加えて0°~±60°の範囲の受信電力の落ち込みを抑制すると同時に、回路にスイッチを組み込み所望の方向に向いているアンテナのみに電力供給し、受信電力を増大させる。最終的には、アンテナ、アンプと移相器を一体化させた損出の少ない小型な形状にして、衛星搭載を目指す。