Active integrated antenna for the microwave power transmission of SSPS system SSPS 電力送電用アクティブ集積アンテナ

Noriyuki TERADA, Hiromitsu AOYAMA, Takahiro OHISHI, Yuki YOSHIDA and Shigeo KAWASAKI
Dept of Communication engineering, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa,
259-1292, Japan,
TEL: 81-463-58-1211(Ext.4880) E-mail: Kawasaki@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

(Received 19, November 2001 Accepted 26, July 2002)

One possible resolution to requirements for SSPS spacetenna as small-size, light-weight, beam control and retrodirectivity is reported. As an effective solution, an active integrated antenna arrays was demonstrated. Two types of the active integrated antenna arrays was made. These operated at 2.45 GHz and 5.8 GHz. Fundamental operation for beam steering of 20 degree for the retrodirectivity was confirmed.

Keywords: SSPS, active integrated antenna, retrodirective system

I. INTRODUCTION

近年、石化燃料の燃焼による二酸化炭素排出増加に伴い、地球温暖化等の環境汚染が問題となっている。その問題の解決方法に、クリーンなエネルギー源として期待されている太陽光を利用し SSPS(Space Solar Power Satellite)計画がある。SSPS は、衛星に搭載した太陽電池パネルで発電された電力をマイクロ波に変換し、地球の受信局に電力送電を行う計画である。

SSPS 実現のために送電アンテナにおいては、輸送コスト削減のために小型・軽量・多機能化が要求される。これらを解決する方法として、積層構造を用いたアクティブ集積アンテナ技術が挙げられる。また、送電用アンテナからのマイクロ波ビーム方向の制御方法においても重要な課題である。そこで地上側の受信局からのパイロット信号を受信し、その波源方向へ正確にマイクロ波ビームを送電する方法が挙げられている。そこで、追尾機能を持つレトロディレクティブアンテナが有効であると考えられる。そこで我々はこれら二つを融合したレトロディレクティブアクティブアレイの試作を行った。

II. LAMINATED ACTIVE INTEGRATED AMPLIFIER ANTENNA

積層型アクティブ集積アンテナの構造は、共振器パッチと増幅器を有する増幅器層、2つのスロット開口面からなる結合層、パッチアンテナを有する放射層の3層構造である。外部から入力された信号は、中央の共振器パッチよりフィルタリングされ、さらに増幅器によって増幅される。そして、ループより偏波で切り替えられた信号は再び中央の共振器パッチに入る。そして結合層のスロット開口面により信号は放射層へと結合され、パッチアンテナを励振し放射する。¹

本研究では、これまで評価してきた周波数 2.45GHz から更なる小型・軽量化のために 5.8GHz の積層アクティブ集積アンテナを試作した。

III. RETRODIRECTIVE ACTIVE ARRAY

III-A. Retrodirective system

複数個配列されたアンテナアレイに、ある角度傾いた波源

から信号が入射されると、波源から同一距離でないために、各アンテナに到達する信号の位相には遅れが生じる。この遅れた位相の符号を反転させることにより、元の波源に信号を送り返すことができる。これが、レトロディレクティブ機能である。

次に、レトロディレクティブアクティブアレイの構成について示す。まず、広帯域増幅器を用いた並列帰還形発振器を構成する。さらに、受信用のアンテナを付加することにより、外部からの信号(RF)を受信し、局部発振周波数(LO)とミキシングし中間周波数(IF)を取り出せる Self Oscillating Mixer を構成する。ここで、LO は RF より周波数が高いので遅れた位相 θ は、符号が反転し $-\theta$ となる IF を作り出し、さらに付加した送信用アンテナから RF を送信することにより、レトロディレクティブ機能として成り立つ。²

Fig. 1. Principle of retrodirective system.

III-B. Design

本研究では、受信アンテナの代わりに位相差の異なる信号を電力分配器から入力し、擬似的にレトロディレクティブアクティブアレイの基本特性を確認した。電力分配器には、ウィルキンソン型電力分配器を用い、発振器の実測値より設計周波数を 3.37GHz とした。

アンテナ、電力分配器、DC カットのデータを S パラメータに

変換し、発振器のシミュレーションに組み込み設計を行った。送信アンテナの素子間隔は、H 面方向に $0.52\lambda_0$ 、E 面方向に $1.42\lambda_0$ とした。Figure2 に設計した回路のレイアウトを示す。

Fig.2. Layout of Retrodirective Active Array.

IV.RESULT

IV-A. The comparative of 2.45GHz and 5.8GHz

Figure3 に、これまで試作・設計を行ってきた 2.45GHz の回路と今回試作・測定を行った 5.8GHz の回路を示す。また各パラメータを Table1 に示す。これより、面積 1/3.6 倍、重量 1/3.0 倍となり、回路の小型・軽量化を実現できた。さらに、ERIP は、12.1dBm であり、放射電力においてはほぼ同電力であることを確認した。

Fig.3. Laminated Active Integrated Amplifier.

Table1. Each parameter Laminated Active Integrated Amplifier.

frequency [GHz]	length [mm]	side [mm]	area [mm ²]	weight [g]	ERIP [dBm]
2.45	117	133	13221	38.0	13.3
5.8	73	50	3650	12.6	12.1

IV-B. The Retrodirective Active Array

今回設計した発振器の発振周波数は 8.7GHz であったが、位相差 180° 、 -114° それぞれの電力分配器を付加した測定において所望の周波数を得ることができなかった。そこで、今回は Table2 に示す発振条件で測定を行った。位相差が 180° 、 -114° それぞれのアンテナパターンを Fig.4 に示す。位相差 180° のアンテナパターンにおいて、ビームのピーク値が 0° となり良好な結果が得られた。位相差 -114° のアンテナパターンにおいて、ビームのピーク値が 10° となる計算値に対して、実測値は 20° となり位相差 -90° の計算値に近いアンテナパターンになった。この原因として、設計では

電力分配器の設計周波数を 3.37GHz で行ったが、測定では 3.20GHz で信号を入力したために電力分配器の位相差に誤差が生じたと考えられる。また、どちらのアンテナパターンにおいてもサイドローブが増加しているが、これは有限基板による不要放射、回路部のマイクロストリップ線路からの不要放射が考えられる。

V.CONCLUSION

送電用積層型アクティブ集積アンプアンテナの基本コンセプトを示し、さらに試作した 2.45GHz と 5.8GHz アクティブ集積アンテナの形状、重量、ERIP の比較を行った。また、レトロディレクティブ機能を有するアンテナの原理を提示し、試作・測定を行った。電力分配器の位相差によりビームの方向を 20° シフトさせ、レトロディレクティブ機能の基本特性を確認した。

Table2. Measurement condition of Retrodirective Active Array.

Phase difference	LO[GHz]	RF[GHz]	IF[GHz]
180°	9.17	3.37	5.80
-114°	9.00	3.20	5.80

(a) Phase difference of 180°

(b) Phase difference of -114°

Fig.4 Antenna pattern of H plane.

REFERENCES

- ¹Y.Yoshida,Y.Kido,H.Hayakawa and S.Kawasaki “Active integrated amplifier antenna arrays for a space solar power satellite”, J of Advanced Science Vol.12 No.1&2 ,Aug 2000.
- ²Y.Yoshida,H.Hayakawa and S.Kawasaki,“A Perspective to an RF Technology for SPS2000 Microwave Power Transmission(2)”,The 20th Energy symposium , pp.58-62,2001.

Presented at '01 SAS Intelligent Symposium