



Title	誘電体板を装荷した狭ビームアクティブパッチアンテナ
Author(s)	塩見, 英久; 岡村, 康行
Citation	信学技報. 2005, SPS2004(9), p. 21-26
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/51288
rights	Copyright©2005IEICE
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

誘電体板を装荷した狭ビームアクティブパッチアンテナ

塩見 英久[†] 岡村 康行[†]

[†] 大阪大学大学院基礎工学研究科
〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3
E-mail: †shiomi@ee.es.osaka-u.ac.jp

あらまし マイクロ波無線送電技術には指向性の鋭い送電アンテナが必要である。小型高効率な送電アンテナの実現技術としてアンテナ一体型発振器を同期運転するアクティブアンテナがある。アクティブアンテナでは、大規模アレイにおける動作の安定化などの観点から、素子単体出力の向上や、高利得化が望ましいが、その検討は少ない。本研究では、5.8GHz 帯無線送電アンテナを目指した、高利得アクティブアンテナについて検討した。単体利得を大きくするため、アンテナの開口面積が広くなるよう考慮した。パッチアンテナの主放射方向へ 60 cm 離れた位置に利得 8 dBi の対数周期アンテナを配置し、発振特性を観測したところ、所望の周波数で発振し、受信電力が約-20dBm であった。また、狭ビームを実現するために、パッチアンテナの正面に誘電体板を装荷した。その結果、ビーム幅を 56deg から 40deg へ狭くする事ができた。

キーワード 狭ビーム、アクティブ集積アンテナ、パッチアンテナ、誘電体装荷

Narrow Beam Active Patch Antenna loading Dielectric Plate

Hidehisa SHIOMI[†] and Yasuyuki OKAMURA[†]

[†] Graduate School of Engineering Science, Osaka University
1-3 Machikaneyama-cho, Toyonaka-shi, Osaka, Japan 560-8531
E-mail: †shiomi@ee.es.osaka-u.ac.jp

Abstract The high directivity antenna is needed for the wireless power transmission. The active integrated antenna technique is promising candidate to realize small and high radiation efficiency power transmission system. In order to robust operation for large scale array with synchronized oscillation, the technique is needed to realize the increasing power and the narrow beam. This paper reports the dielectric loading active integrated antenna technique to form the narrow beam for the 5.8GHz wireless power transmission system. The alumina plate with the thickness of 0.8mm was placed on the position of 9mm above the active integrated patch antenna. The beam width of the antenna with alumina plate was smaller than the one of the antenna without plate by 16 degree.

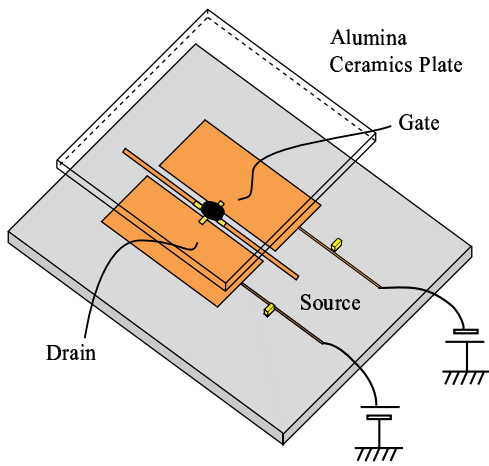
Key words Narrow Beam, Active Integrated Antenna, Patch Antenna, Dielectric Loaded

1. はじめに

近年、マイクロ波無線送電技術への関心が高まっている。マイクロ波無線送電は電力線を用いずに遠隔地へ電力を送電する技術である。送電側は発電した直流電力をマイクロ波に変換して送出し、受電側は受信したマイクロ波を直流電力に再変換して負荷へ供給する。電力損失を低減するため、直流/マイクロ波相互変換の高効率化やマイクロ波送電指向性の先鋭化が必要

であり、アンテナと能動素子を一体化した送電用アクティブアンテナや受電用レクテナが盛んに研究されている。特に、送電用アクティブアンテナには、直流/マイクロ波変換の高効率化や指向性の先鋭化が求められている。

アクティブパッチアンテナは、マイクロストリップパッチに負性抵抗素子を装荷した発振器一体型アンテナである [1]。マイクロストリップパッチはマイクロ波発振器の周波数選択用共振器として及びパッチアンテナとしての複合機能素子として働



(a) 立体図

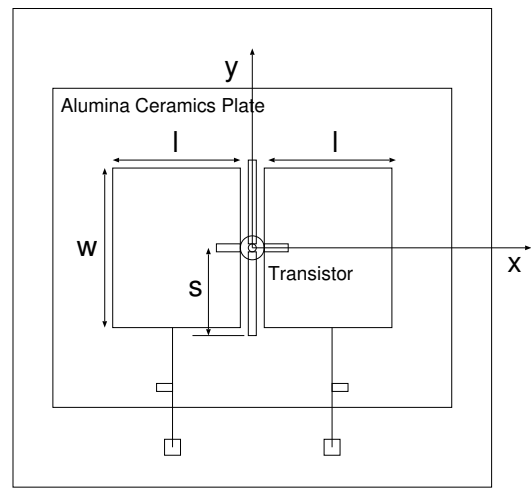
く。このようなアンテナは共振器と放射器とを兼用するため、発生したマイクロ波を効率よく自由空間へ放射できる。指向性先鋭化の為、複数素子を配列したアクティブアレイアンテナの同期発振が試みられているが、大規模アレイの発振の不安定性が懸念されている。単位面積あたりの素子数低減技術も併せて検討するべきであるが未発展の状況である。

平面アンテナの高利得化技術として、誘電体装荷アンテナがある [2] [3] [4]。パッチアンテナの前面に低誘電率の誘電体を装荷して小型高利得なアンテナを得る手法である。本研究では、単体のアクティブパッチアンテナの放射面を誘電体板で覆うことにより指向性の先鋭化を試みた。

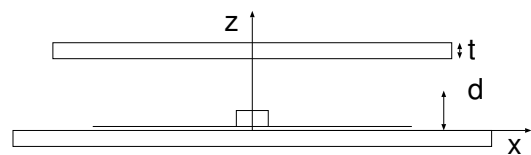
2. 構造

試作した 5.8GHz 帯アクティブパッチアンテナの構造を図 1 に示す。比誘電率 3.5、厚み 0.762 mm の誘電体基板に長さ l 、幅 w のパッチアンテナを二つ E 面配列し、その間に負性抵抗素子を装荷した。パッチの間隔は 2.5mm とした。負性抵抗素子には、ソースに長さ s の短絡スタブを装荷した HEMT(NE3210S01) を用いた。各々のパッチアンテナの E 面方向中央に直流バイアス回路を設けた。さらに、指向性を鋭くするため、パッチアンテナの表面から間隔 d だけ離して、アルミナセラミック板 (比誘電率 10、厚み 0.8mm、50mm 正方) を誘電体基板に並行に挿入した。

雑音などによりパッチに微小励振されたマイクロ波が、負性抵抗素子により特定の周波数が選択的に増幅され、所望のマイ



Top View



Side View

(b) 平面図

図 1 アクティブパッチアンテナの構造

クロ波成分が成長する。マイクロ波が十分に成長すると、負性抵抗素子の飽和により一定の振幅で発振し続ける。このとき、選択される周波数は、二つのパッチと負性抵抗素子により構成される系の共振周波数と等しい。発生したマイクロ波は E 面配列したパッチの両端に発生する同相励振された均一分布の磁流源より放射される。

York [1] 等の提案したアクティブパッチアンテナは、半波長パッチを半分に分割し、その間に負性抵抗素子を挿入するが、本研究で取り扱うアクティブパッチアンテナでは、開口面をできるだけ大きくするため、半波長程度のパッチを E 面に配列し、その間に負性抵抗素子を挿入した。さらに、誘電体板を装荷することで、多重反射による発振器の Q 値と実効開口面積の向上が期待できる。

3. 発振特性

アルミナ板を挿入しないときのアクティブアンテナの発振特性を測定した。測定系を図 2 に示す。パッチアンテナの主放射方向へ 60 cm 離れた位置に利得 8 dBi の対数周期アンテナを配置し、受信したマイクロ波をスペクトルアナライザで観測

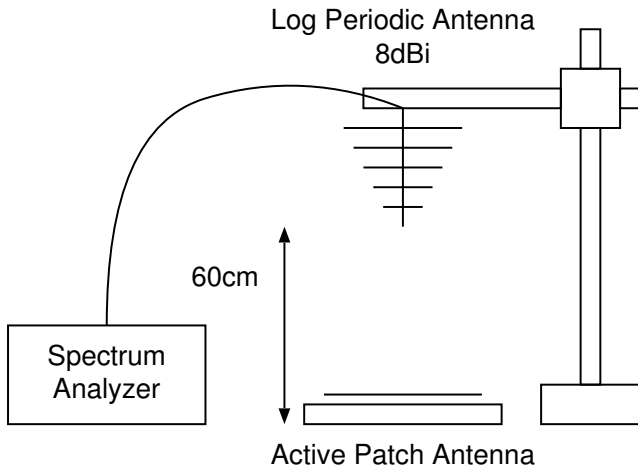


図 2 発振周波数の測定系

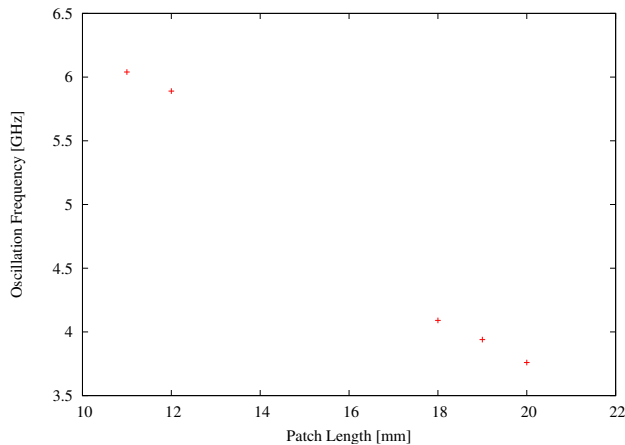


図 3 パッチ長 l と発振周波数の関係 ($w=s=20\text{mm}$)

した。

まず、ソーススタブ長 s 、及びパッチ幅 w は経験的に 20mm (約 $2/3\lambda_g$) とし、パッチ長を変化させてその発振周波数を測定した。バイアス条件は、ゲートソース間電圧 0V 、ドレインソース間電圧 2.0V とした。測定結果を図 3 に示す。横軸にパッチの長さ $l[\text{mm}]$ 、縦軸に発振周波数 $[\text{GHz}]$ をそれぞれ示した。パッチ長を 11mm から 20mm まで変化させたところ、 11mm 、 12mm では約 6GHz 付近で発振し、 13mm から 17mm までは発振せず、 18mm から 20mm までは 4GHz 付近で発振した。測定結果よりパッチ長 $l=12\text{mm}$ 前後で所望の 5.8GHz のマイクロ波が得られることがわかった。

次に、 $l=12.5\text{mm}$ 、 $w=20\text{mm}$ としてソース長 s を変化させて受信電力を測定した。測定結果を図 4 に示す。横軸にソーススタブ長 $s[\text{mm}]$ 、縦左軸に発振周波数 $[\text{GHz}]$ 、縦右軸に受信電力 $[\text{dBm}]$ をそれぞれ示した。実線は発振周波数を、破線は受信電力をそれぞれ示す。スタブ長を 4mm から 20mm まで変化

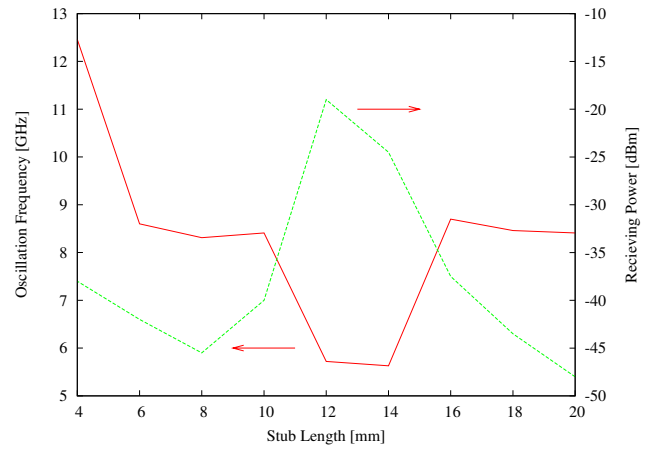


図 4 ソース長 s と発振周波数、出力の関係 ($l=12.5\text{mm}$ 、 $w=20\text{mm}$)

させたところ、 12mm から 14mm の範囲で 6GHz 付近の発振が得られ、出力も大きく、約 -20dBm 得られた。この範囲で、発振周波数が 5.8GHz 前後、受信電力が -20dBm 程度得られる $s=12\text{mm}$ 前後が所望の特性を得るのに都合のよい長さである事がわかった。

これらの測定より、パッチ長 l とソース長 s により発振周波数が決まることがわかった。また、パッチ幅 w は受信電力を増大させるが、あまり大きくすると発振が不安定になる場合があった。

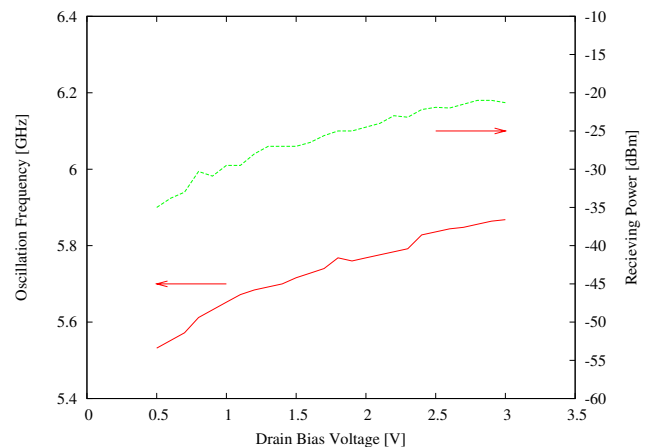


図 5 ドレイン電圧と発振周波数、出力の関係 ($l=11.8\text{mm}$ 、 $w=20\text{mm}$ 、 $s=12.7\text{mm}$ 、 $V_{gs}=0\text{V}$)

調整の結果、 $l=11.8\text{mm}$ ($0.38\lambda_g$)、 $w=20.0\text{mm}$ ($0.64\lambda_g$)、 $s=12.7\text{mm}$ ($0.41\lambda_g$) として実験をすすめた。このとき、アクティブパッチアンテナの発振周波数と出力のドレイン電圧依存性を図 5 に示す。ゲートソース間電圧は 0V 固定とした。横軸にドレイン電圧 $V_{ds}[\text{V}]$ 、縦左軸に発振周波数 $[\text{GHz}]$ 、縦右軸に受信電力 $[\text{dBm}]$ をそれぞれ示した。ドレインソース間電圧を

0.5V - 3.0V の範囲で変化させると、発振周波数が 5.532GHz - 5.868GHz、受信電力が -35dBm - -22dBm の範囲で同様の傾向で変化した。このとき、高調波成分は基本波より 15dB 以上低かった。

4. 指向性

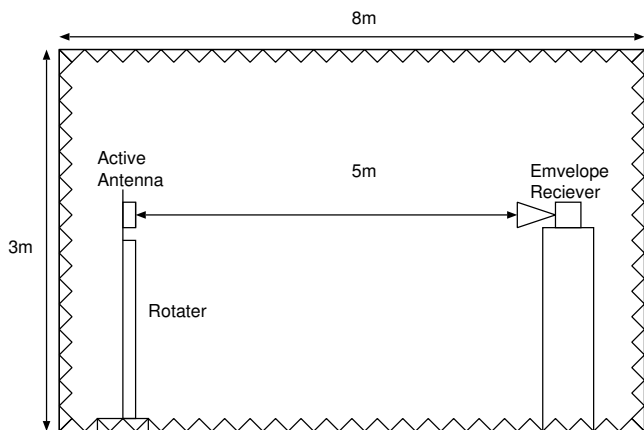
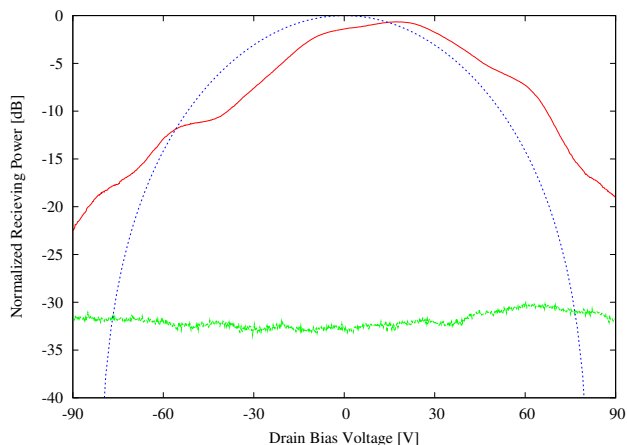


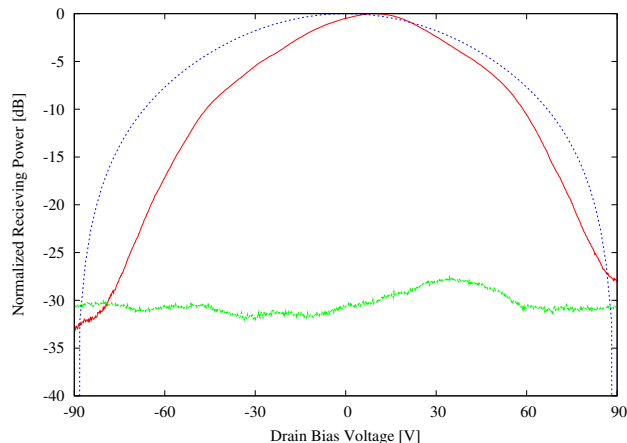
図 6 指向性の測定系

$l=11.8\text{mm}$ 、 $w=20.0\text{mm}$ 、 $s=12.7\text{mm}$ のパッチアンテナの放射指向性を測定した。図 6 に指向性の測定系を示す。電波暗室内でアクティブアンテナから 5 m 離れて設置した 16 dBi の標準ホーンで受信したマイクロ波をダイオードにより半波整流した電圧を観測した。また、測定開始前にスペクトルアナライザを用いて発振周波数が 5.8GHz になるようドレイン電圧を調整して測定を実施した。



(a) xz 面 (E 面) 指向性

図 7 に測定した放射特性を示す。図 (a) は xz 面 (E 面) の指向性を、図 (b) は yz 面 (H 面) の指向性を示した。それぞれ横軸に方位角 [度]、縦軸に正規化受信電力を示し、各々の受信電



(b) yz 面 (H 面) 指向性

図 7 アクティブパッチアンテナの放射指向性 ($l=11.8\text{mm}$ 、 $w=20\text{mm}$ 、 $s=12.7\text{mm}$ 、 $V_{gs}=0\text{V}$ 、 $f=5.8\text{GHz}$)

力は yz 面 (H 面) 主偏波成分の最大受信電力で正規化した。また、実線が主偏波成分を示し、-30dB 付近でほぼ一定の線が交差偏波成分を示す。破線は、長さ 26.1mm、幅 20mm のパッチアンテナの指向性の理論値を示す。 $f_e(\theta)$ 、 $f_h(\theta)$ の計算には以下の式を用いた [5]。

$$f_e(\theta) = \cos\left(\frac{\beta l}{2} \sin\theta\right)$$

$$f_h(\theta) = \cos\theta \text{sinc}\left(\frac{\beta w}{2} \sin\theta\right)$$

ビーム幅は 55.8 度 (E 面)、52.0 度 (H 面)、交差偏波は 27dB 未満であった。それぞれの指向性の傾向はよく一致しているので、アクティブパッチアンテナもパッチアンテナと同様、パッチの x 軸方向端に発生する磁流が主な放射源であることがわかる。

5. アルミナ板の影響

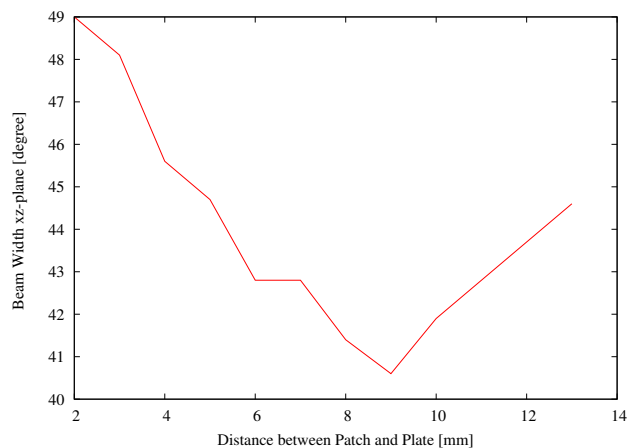
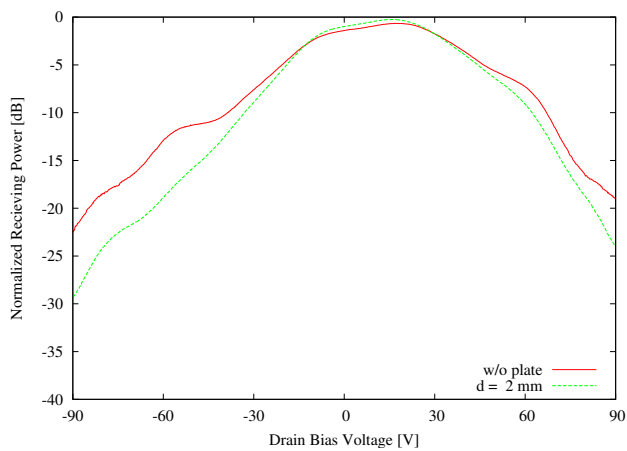
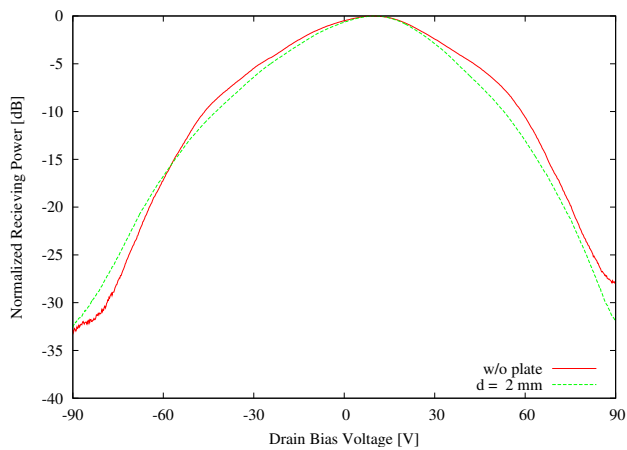


図 8 パッチとアルミナ板の間隔とビーム幅の関係

次に、アルミナ板をパッチに並行に装荷したときの指向性を調べた。アルミナ装荷により発振周波数が変化するが、ドレインバイアス電圧を調整することで発振周波数を 5.8GHz に調整した。アルミナ板の挿入間隔を変化させたときの E 面 3 dB ビーム幅を図 8 に示す。横軸にパッチとアルミナ板の間隔 d [mm]、縦軸に 3dB ビーム幅 [度] を示す。間隔を 2mm から 13mm まで変化させたところ、ビーム幅が 49 度から 40 度程度まで変化した。最もビームが鋭くなったときのパッチ表面からのアルミナ板の距離は 9 mm で、ビーム幅は 40 度であった。すなわち、アルミナ板を挿入しないときのビーム幅が 56 deg であったのに対し、アルミナ板を挿入するとビーム幅を 40 deg まで先鋭化できた。



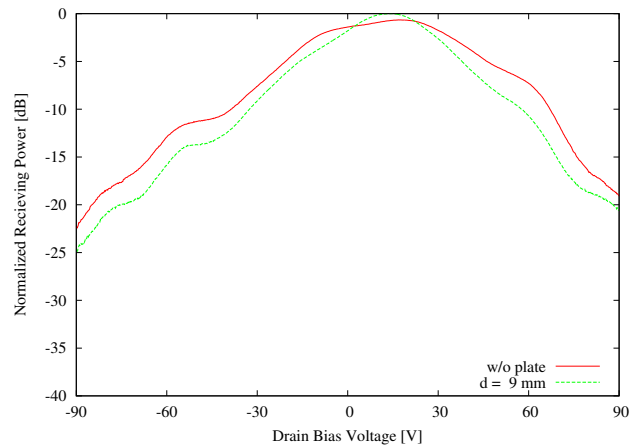
(a) xz 面 (E 面) 指向性



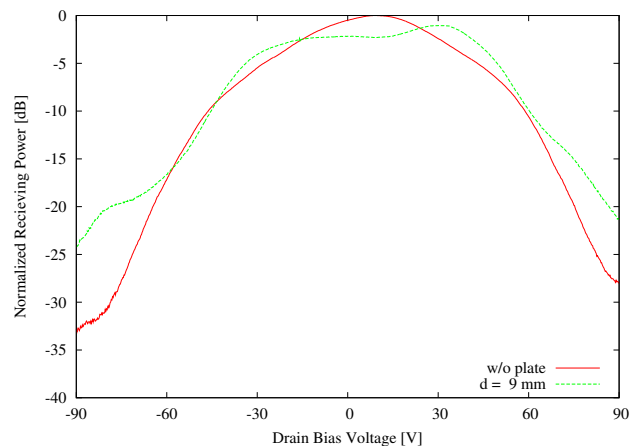
(b) yz 面 (H 面) 指向性

図 9 誘電体板を装荷したアクティブパッチアンテナの放射指向性 ($l=11.8\text{mm}$, $w=20\text{mm}$, $s=12.7\text{mm}$, $d=2\text{mm}$, $V_{gs}=0\text{V}$, $f=5.8\text{GHz}$)

アルミナ板を $d=2\text{mm}$, 9mm , 13mm の間隔でパッチの前面に装荷したときの指向性をそれぞれ図 9、10、11 に示した。図



(a) xz 面 (E 面) 指向性



(b) yz 面 (H 面) 指向性

図 10 誘電体板を装荷したアクティブパッチアンテナの放射指向性 ($l=11.8\text{mm}$, $w=20\text{mm}$, $s=12.7\text{mm}$, $d=9\text{mm}$, $V_{gs}=0\text{V}$, $f=5.8\text{GHz}$)

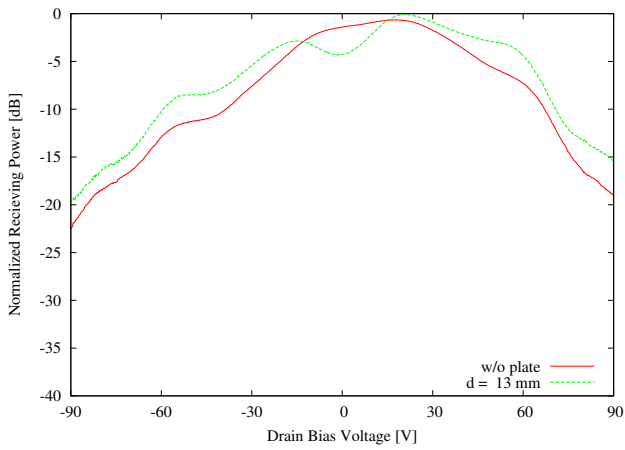
(a) は xz 面の主偏波成分、図 (b) は yz 面の主偏波成分を示した。交差偏波成分は各々 -25dB 未満だったので省略した。実線はアルミナ板を装荷しないときの指向性、破線はアルミナ板を装荷したときの指向性を示す。

アルミナ板を挿入したときの指向性が挿入しないときの指向性と比べて鋭くなることが確認できた。しかしながら、yz 面パターンはビーム幅が広がる傾向にあり、利得低下の要因となる。利得向上に適した誘電体寸法、また発振器動作に与える影響の解明は今後の課題である。

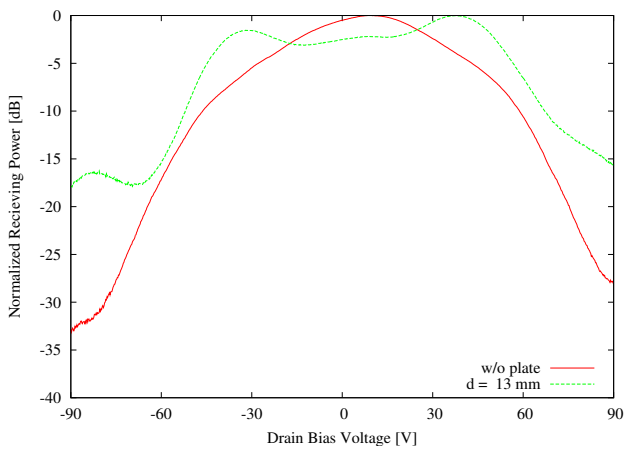
6. まとめ

アルミナ板で覆われたアクティブパッチアンテナの指向性について検討した。ビーム幅が 56 deg の 5.8GHz アクティブパッチアンテナから 9 mm 離れた位置に、基板と並行に厚さ 0.8 mm のアルミナ板を挿入することで、ビーム幅が 40 deg

- [4] 杉尾, 牧本, 津川, "誘電体装荷アンテナの利得増加に関する2次元解析," 信学論 (B)-II, J73-B-II, 8, pp.405-412, Aug. 1990.
- [5] W.L.Stutzman, G.A.Thiele, "Antenna Theory and Design," John Wiley & Sons, 1998.



(a) xz 面 (E 面) 指向性



(b) yz 面 (H 面) 指向性

図 11 誘電体板を装荷したアクティブパッチアンテナの放射指向性 ($l=11.8\text{mm}$, $w=20\text{mm}$, $s=12.7\text{mm}$, $d=13\text{mm}$, $V_{gs}=0\text{V}$, $f=5.8\text{GHz}$)

に先鋭化されることがわかった。これは、パッチとアルミナ板の間でマイクロ波が多重反射することで実効開口面積が広がるためだと考えられる。実効開口面積が向上するため、大規模アレイを構成するときにアンテナ素子数を低減することが可能で、安定したマイクロ波送電が可能になると期待できる。

文 献

- [1] R.A.York and R.C.Compton, "Quasi-Optical Power Combining Using Mutually Synchronized Oscillator Arrays," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol.39, No.6, pp.1000-1009, June 1991.
- [2] T.Tsugawa, Y.Sugio and T.Makimoto, "Experimental study on high gain efficiency dielectric loaded antennas," Trans. IEICE, E73, Vol.1, Jan. 1990.
- [3] 津川, 杉尾, 牧本, "誘電体装荷平面アンテナ," 電子情報通信学