

高インピーダンスアンテナを用いた高効率レクテナ技術

High Efficient Rectenna Technology with High Impedance Antennas

伊東 健治 野口 啓介 井田次郎 (金沢工業大学)

Kenji ITOH, Keisuke NOGUCHI, Jiro IDA (Kanazawa Institute of Technology)

E-mail: itoh.kenji@neptune.kanazawa-it.ac.jp

1. まえがき 微弱な電波より直流電力を取り出すエネルギーハーベスティングの検討が行われている。例えば東京 23 区内で DTV を用いる場合、 $1\mu\text{W}$ 以下の微弱電力を整流する必要がある。本報告では、高インピーダンスアンテナを用い高効率化・高出力電圧化を図るレクテナ[1]について述べる。

2. 基本動作 図 1 にレクテナの構成を示す。アンテナを内部抵抗 R_a の電源で表している。まず整流用ダイオードに必要な高周波電圧の振幅を考える。ダイオードの電圧 V_j に対する電流 I_j は、 $I_j = I_s[\exp(\alpha V_j) - 1]$ で与えられ、 I_s は飽和電流、 $\alpha \approx 40$ である。これを図 2 に示す。高 I_s とする程、順方向での立ち上がりは低電圧となるが、逆方向電流も高まり、整流動作に適さない。同図より 0.1V 程度の高周波振幅が必要となることが分かる。微弱電力から動作させるレクテナを得るためには、(1)より理想的なスイッチ特性が得られる整流素子を、Backward Tunnel Diode など物理的に異なる原理により実現する、(2)より高いアンテナ出力電圧を得るために、アンテナインピーダンスを高める[1]、などの手法がある。つぎに図 3 に我々が取り組む(2)の手法でのアンテナ出力電圧 V_a を示す。ここでは整流器の入力インピーダンスとアンテナを整合させる条件としている。高 R_a とするほど、高 V_a となる。図 2 と図 3 より、 -30 dBm 以上で動作させるためには $1\text{ k}\Omega$ 以上、 -40 dBm 以上で $10\text{ k}\Omega$ 以上が求められる。

3. DTV 対応 500MHz 帯レクテナ[1] 図 4 に 500 MHz 帯レクテナの構成を示す。高アンテナインピーダンス折り返しダイポールアンテナ(HFDA, インピーダンス: $1.6\text{ k}\Omega$)[2]にコッククロフト・ウォルトン整流器(段数 $m=1, 2$)を接続する構成である。さらにダイオードの端子間容量による効率低下を抑制するために、L 形 LPF を設けている。図 5 に 500 MHz 帯レクテナの整流効率と出力電圧の測定値を示す。レクテナの効率にはアンテナと整流器の損失が考慮されている。 $m=1$ では -30 dBm 入力時に 7% の効率を得、トップクラスの性能である。図 6 に首都圏での測定結果を示す。 $m=2$ のとき 0.22 V @ 25 km が得られている。

[1]T.Furuta, K.Itoh, et.al., Proc. 2016 IEEE WPTC (2016).

[2]H.Miyagoshi, K.Noguchi, et.al. Proc. IEICE ISAP 2014, pp. 601-602 (2014).

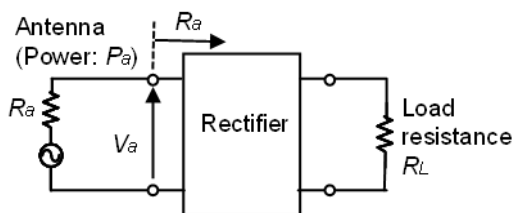


図 1 レクテナの基本構成

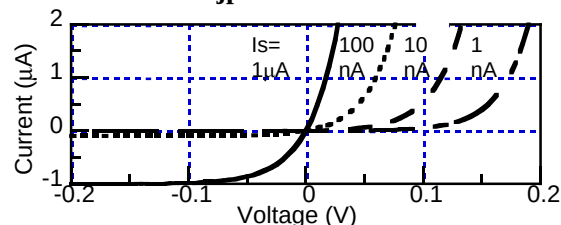


図 2 ダイオードの静特性

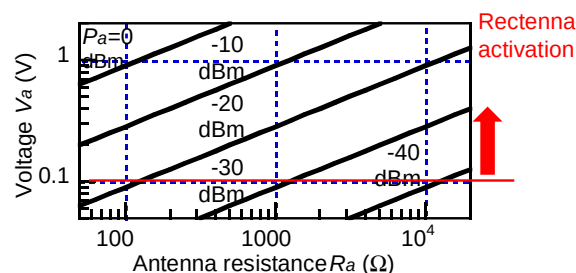


図 3 整流器の入力電圧の振幅 V_a

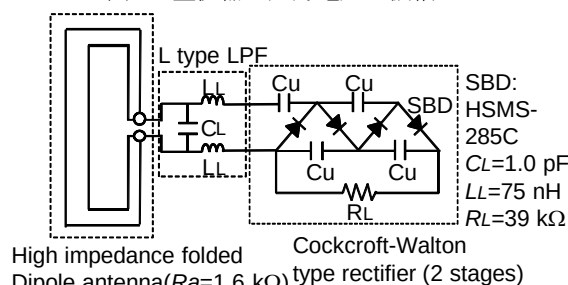


図 4 500 MHz 帯微弱電力レクテナの構成

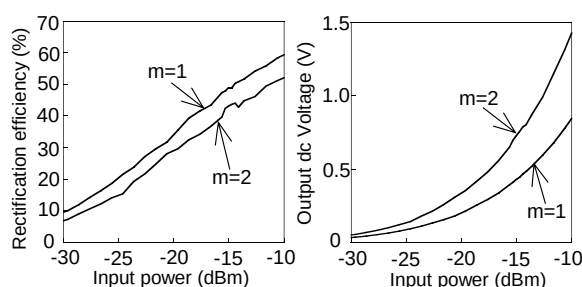


図 5 500 MHz 帯レクテナの整流効率と出力電圧

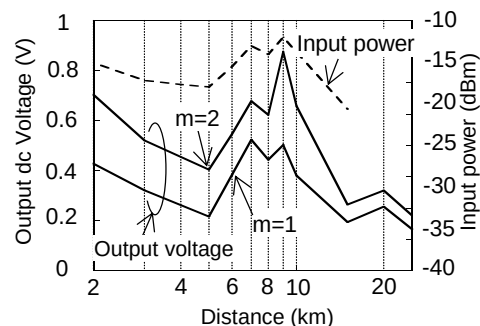


図 6 首都圏での測定結果