

放電管を用いた再構成可能アンテナ A Reconfigurable Antenna Using Discharge Tubes

○山本 隼葵

小林 岳彦

Takaki Yamamoto

and

Takehiko Kobayashi

東京電機大学 ワイヤレスシステム研究室

Wireless Systems Laboratory, Tokyo Denki University

〒120-8551 東京都足立区千住旭町 5 番 電話: 03 5284 5518 Fax: 03 5284 5695

E-mail: t-yamamoto@grace.c.dendai.ac.jp

1. 目的と概要

点灯中の放電管にはプラズマが励起されており、プラズマ周波数以下でアンテナ素子としての使用が可能である。これまでに直管蛍光灯を円筒状に並べて、中心軸上にダイポールを置き、電波の到来方向を点灯していない蛍光灯の「プラズマ窓」の方向から推定するスマートアンテナ[1]や、蛍光灯自体を放射素子として、非点灯時にステルス性を持たせるアンテナ[2]が研究されてきた。

本稿では、蛍光灯を反射器として用いるコーナリフレクタアンテナを試作し、蛍光灯の非点灯/点灯時による放射指向性および過渡応答特性を実測した。

2. 提案するアンテナ

提案するアンテナは、正方形地板の中央に垂直4分の1波長モノポールアンテナを置き、その周囲に複数の垂直なU形蛍光灯を、放射器を中心軸とする正方形柱をなすように配置したものである(図1)。蛍光灯への給電線が電波(垂直偏波)を遮らないように、U形蛍光灯を用いている。U形蛍光灯のベース部はアルミニウム製地板の下に沈めている。

このアンテナは、非点灯時には水平面内無指向性の地板付きモノポールアンテナ、蛍光灯を適切な組合せで(例えば2面コーナリフレクタとなるように)点灯させれば、反射器付きのモノポールアンテナとして動作する。放射器から正方形柱の(垂直な)稜までの距離を s とすれば正方形一辺の長さは $\sqrt{2}s$ である(図2)。実際に用いたU形蛍光灯(28 W)のベース部を除いた高さは300 mm, U形蛍光灯の片側の外径は20 mmである。

蛍光灯の管内電子密度 N は、非点灯時に0, 点灯時におよそ 10^{16} [m⁻³]である。プラズマ周波数 $f_p = 9.0\sqrt{N}$ で与えられるから[3], 点灯した蛍光灯が軸方向の直線偏波の電波を反射する最高周波数は900 MHz程度であると推定される。ここでは動

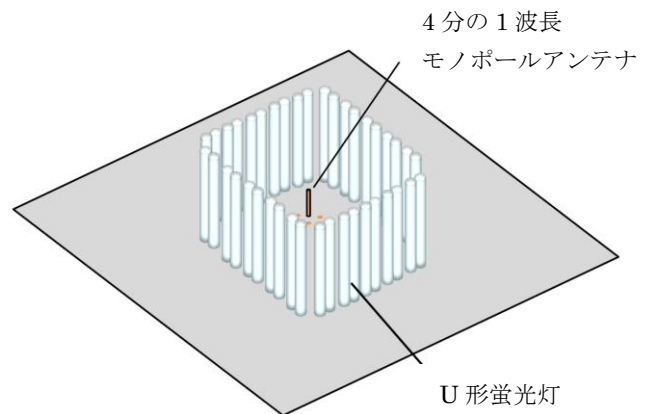


図1 提案する再構成可能アンテナ

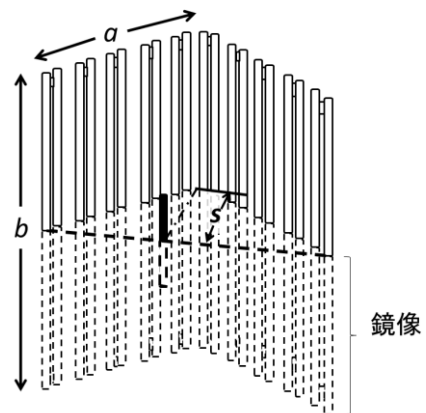


図2 2面コーナリフレクタアンテナとして用いる場合の寸法諸元

作周波数を750 MHz (波長 $\lambda = 400$ mm)としたので、正方形柱の高さは 0.75λ となり、地板による鏡像を含めれば 1.5λ の高さとなる。文献[4]によれば、半波長ダイポール給電の開き角 90° のコーナリフレクタの利得は $s = 200$ mm = 0.5λ , リフレクタ1枚の幅 $a = \sqrt{2}s = 0.71\lambda$, リフレクタの高さ $b = 1.5\lambda$ のとき、約7 dBが得られる。 $s = 0.5\lambda$, $b = 1.5\lambda$ のまま幅 a を 2λ とすれば約10 dBが得られるが、正方形柱の中心軸上に放射器を置かないと放射利得の対称性が損なわれてしまう。すなわち、正面利得を最大とする設計ではない。

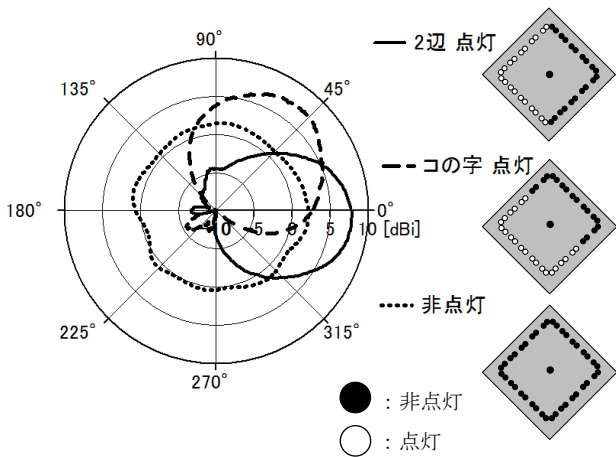


図3 放射特性の実測結果

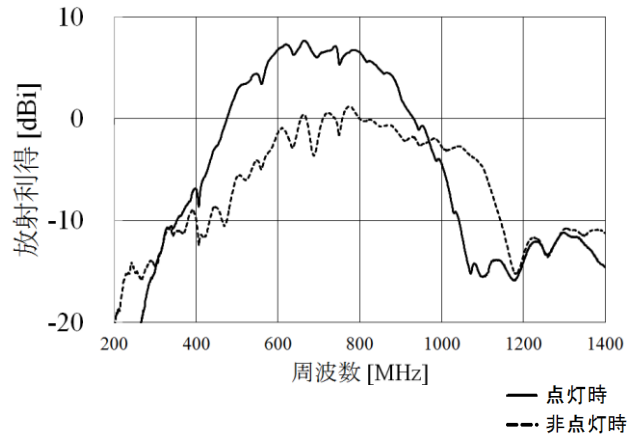


図5 正面(0°方向)利得の周波数特性

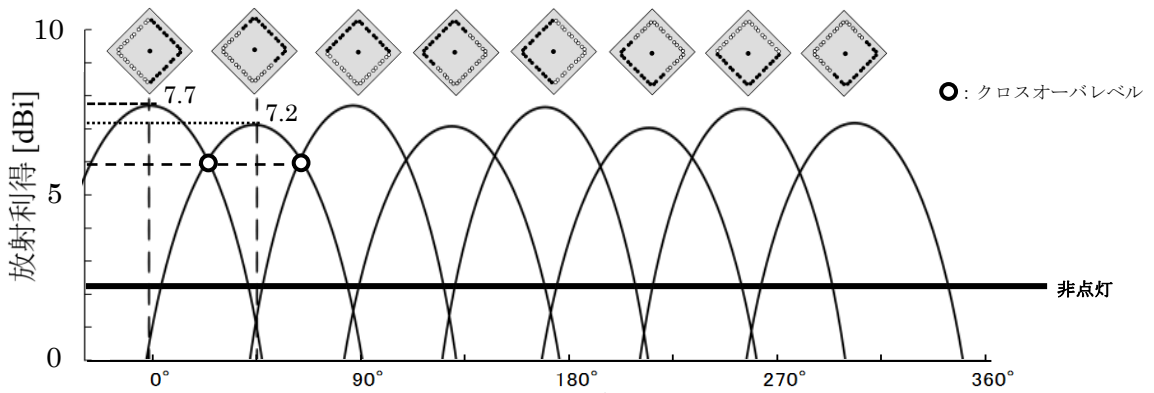


図4 蛍光灯の点灯状態と放射指向性の関係

3. 試作アンテナ放射・過渡応答特性の実測結果

試作したアンテナ装置の非点灯/点灯時における放射指向性を図3に示す。実線は2面コーナリフレクタアンテナ(蛍光灯10本点灯)の放射指向性であり、破線はコの字(蛍光灯11本点灯)、点線は非点灯時の場合の放射指向性である。非点灯時には電波が蛍光灯を透過するためほぼ水平面内無指向性であり、点灯時には反射するため指向性を持つ。2辺の蛍光灯を点灯した場合の正面放射利得は7.7 dBiであり、45°方向の放射利得は0.4 dBiとなった。この45°の低い放射利得を補完するため、点灯する蛍光灯をコの字に点灯させると45°の放射利得は7.2 dBiとなった。2辺点灯時とコの字点灯時のクロスオーバーレベル(例えば22.5°方向)は5.2 ~ 6.6 dBiであった。このことから、蛍光灯の点灯状態を図4のように変えることによって8ビームのマルチビームアンテナを構成することができる。

また、試作したアンテナ装置の正面方向利得の周波数特性から、900 MHzを越えて1 GHz以上になっても反射器として動作していると判断できる(図5)。例えば1100 MHzではsが0.5λ以上とな

るため、主ローブが割れており、0°方向の利得が低下している。

過渡応答特性の実測時間としては、非点灯状態から放射利得が変化するまでと、点灯状態から水平面内無指向性に戻るまでが、ともに60 [ms]となった。これは蛍光灯の熱陰極の時定数によるものである。

4. まとめ

U形蛍光灯を用いて、非点灯時には水平面内無指向性、点灯時には45°刻み8ビームのマルチビームアンテナとして動作するアンテナを提案した。

参考文献

- [1] T. Anderson, "Plasma Antennas," Artech House, 2011.
- [2] 深沢 徹 ほか, "蛍光灯を用いたプラズマアンテナの実験的検討," 信学技報 SANE2013-13, pp. 25-28, 2013年3月.
- [3] 虫明 康人, 安達 三郎, "電波工学例題演習," コロナ社, 1972.
- [4] 電子情報通信学会編, アンテナ工学ハンドブック(第2版), オーム社, 2008.