

# Design of the parallel plate Luneberg lens and circular polarization

陳志銘、張道治

E-mail: 9223461@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

Luneberg lens is composed from dielectric substance which has multi-layer and different permittivity. The shape of the Luneberg lens is spherical or semi-spherical. In the thesis, spherical-Luneberg lens is changed to cylindrical, in order to construct easily. The parallel metal-sheet Luneberg lens can instead of cylindrical - Luneberg lens, using different separation metal-sheet. The distance of the separate metal-sheet can be changed to substitute for multi-layer dielectric substance. Luneberg lens, one of widely use of lens antenna. It has high directivity and high antenna efficiency. Therefore, it is suitable for the application in the multiple beam antenna system. Usually, Luneberg lens operates in the linear-polarization. We can use polarizer to change linear-polarization to circular-polarization. In this thesis, a Luneberg lens and spiral-polarizer are design and implement to have five-direction antenna beam (、 and ). The multiple beam antenna can operates in circular-polarization when spiral-circulator is used.

Keywords : Luneberg lens

## Table of Contents

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第一章 序論                          | 1  |
| 1.1 研究動機及目的                     | 1  |
| 1.2 簡介                          | 1  |
| 1.3 研究方法                        | 2  |
| 1.4 論文結構                        | 3  |
| 第二章 Luneberg lens 理論分析及設計       | 6  |
| 2.1 透鏡簡介                        | 6  |
| 2.2 圓球型 Luneberg lens 理論分析      | 10 |
| 2.3 圓柱型 Luneberg lens 理論分析      | 14 |
| 2.4 平行平板式 Luneberg lens 理論分析    | 23 |
| 2.5 各種 Luneberg lens 的比較        | 26 |
| 第三章 圓形極化器理論分析及設計                | 30 |
| 3.1 極化簡介                        | 30 |
| 3.2 線性極化與圓形極化的關析                | 37 |
| 3.3 圓形極化產生條件                    | 37 |
| 3.4 電場大小與相位誤差對於軸比的影響            | 40 |
| 3.5 柵欄狀金屬板圓形極化器                 | 40 |
| 3.6 螺旋式圓形極化器                    | 42 |
| 第四章 硬體設計製作及量測                   | 44 |
| 4.1 簡介                          | 44 |
| 4.2 平板式 Luneberg lens 設計        | 44 |
| 4.3 螺旋式圓形極化器設計                  | 45 |
| 4.4 左手圓極化多波束成型器                 | 46 |
| 4.5 平板式 Luneberg lens 量測        | 46 |
| 4.6 螺旋式圓形極化器量測                  | 47 |
| 4.7 左手圓極化多波束成型器量測               | 47 |
| 第五章 結論                          | 72 |
| 參考文獻                            | 73 |
| 圖目錄                             | 73 |
| 圖1.1 線性極化轉為圓形極化                 | 5  |
| 圖1.2 研究流程圖                      | 5  |
| 圖2.1 介質透鏡天線                     | 16 |
| 圖2.2 平行金屬板透鏡天線                  | 16 |
| 圖2.3 圓球型透鏡射線分佈(a)               | 16 |
| 圖2.4 圓球型透鏡射線分佈(b)               | 16 |
| 圖2.5 圓球型介質層分佈圖                  | 17 |
| 圖2.6 介質層數與直徑的效率圖                | 17 |
| 圖2.7 圓形波導角結構圖                   | 18 |
| 圖2.8 半功率波束寬與孔徑關係圖               | 18 |
| 圖2.9 圓球型 Luneberg lens 結構圖      | 19 |
| 圖2.10 圓球型 Luneberg lens 遠場場形圖   | 19 |
| 圖2.11 垂直切面的射線分佈圖                | 20 |
| 圖2.12 H-平面扇型角結構圖                | 20 |
| 圖2.13 半功率波束寬與孔徑關係圖              | 21 |
| 圖2.14 圓柱型 Luneberg lens 結構圖     | 21 |
| 圖2.15 圓柱型 Luneberg lens 遠場場形圖   | 22 |
| 圖2.16 平行平板式 Luneberg lens 結構圖   | 22 |
| 圖3.1 垂直極化圖                      | 32 |
| 圖3.2 水平極化圖                      | 32 |
| 圖3.3 傾斜極化圖                      | 32 |
| 圖3.4 左手圓形極化圖                    | 33 |
| 圖3.5 右手圓形極化圖                    | 33 |
| 圖3.6 左手橢圓極化圖                    | 33 |
| 圖3.7 右手橢圓極化圖                    | 33 |
| 圖3.8 橢圓極化長軸與短軸表示圖               | 34 |
| 圖3.9 AR、delta及beta關係圖           | 34 |
| 圖3.10 正交分量圖                     | 35 |
| 圖3.11 柵欄狀圓形極化器結構圖               | 35 |
| 圖3.12 螺旋幾何結構圖                   | 35 |
| 圖3.13 螺旋圓形極化器結構圖                | 36 |
| 圖3.14 入射與金屬板示意圖                 | 36 |
| 圖4.1 平行金屬板式 Luneberg lens 結構圖   | 44 |
| 圖4.2 平行金屬板式 Luneberg lens 遠場場形圖 | 44 |
| 圖4.3 平行金屬板式 Luneberg lens 電場分部圖 | 45 |
| 圖4.4 平行金屬板式 Luneberg lens 近場相位圖 | 45 |
| 圖4.5 矩形波導開口天線結構圖                | 46 |
| 圖4.6 矩形波導開口天線 AR 圖              | 46 |

|         |                                    |    |                                    |
|---------|------------------------------------|----|------------------------------------|
| .....46 | 圖4.7螺旋型圓形極化器結構圖.....               | 47 | 圖4.8螺旋型圓形極化器AR圖.....               |
| .....47 | 圖4.9多波束成型器結構圖.....                 | 48 | 圖4.10(a)多波束成型器Port1遠場場形圖.....      |
| .....48 | 圖4.10(b)多波束成型器Port2遠場場形圖.....      | 49 | 圖4.10(c)多波束成型器Port3遠場場形圖.....      |
| .....49 | 圖4.10(d)多波束成型器Port4遠場場形圖.....      | 50 | 圖4.10(e)多波束成型器Port5遠場場形圖.....      |
| .....50 | 圖4.10(f)多波束成型器遠場場形圖.....           | 51 | 圖4.11螺旋型圓形極化器與多波束成型器相結合結構圖.....    |
| .....51 | 圖4.12(a)左手圓極化多波束成型器Port1遠場場形圖..... | 52 | 圖4.12(b)左手圓極化多波束成型器Port2遠場場形圖..... |
| .....52 | 圖4.12(c)左手圓極化多波束成型器Port3遠場場形圖..... | 53 | 圖4.12(d)左手圓極化多波束成型器Port4遠場場形圖..... |
| .....53 | 圖4.12(e)左手圓極化多波束成型器Port5遠場場形圖..... | 54 | 圖4.12(f)左手圓極化多波束成型器遠場場形圖.....      |
| .....54 | 圖4.13(a)左手圓極化多波束成型器Port 1 AR圖..... | 55 | 圖4.13(b)左手圓極化多波束成型器Port 2 AR圖..... |
| .....55 | 圖4.13(c)左手圓極化多波束成型器Port 3 AR圖..... | 56 | 圖4.13(d)左手圓極化多波束成型器Port 4 AR圖..... |
| .....56 | 圖4.13(e)左手圓極化多波束成型器Port 5 AR圖..... | 57 | 圖4.13(f)左手圓極化多波束成型器AR圖.....        |
| .....57 | 圖4.14平行板式Luneberg lens實體圖.....     | 58 | 圖4.15平行板式Luneberg lens近場相位圖.....   |
| .....58 | 圖4.16平行板式Luneberg lens遠場場形圖.....   | 59 | 圖4.17螺旋型式走線圖.....                  |
| .....59 | 圖4.18銅箔貼合圖.....                    | 60 | 圖4.19螺旋型圓形極化器實體圖.....              |
| .....60 | 圖4.20線性極化AR圖.....                  | 61 | 圖4.21圓形極化AR圖.....                  |
| .....61 | 圖4.22(a)多波束成型器Port1遠場場形圖.....      | 62 | 圖4.22(b)多波束成型器Port2遠場場形圖.....      |
| .....62 | 圖4.22(c)多波束成型器Port3遠場場形圖.....      | 63 | 圖4.22(d)多波束成型器Port4遠場場形圖.....      |
| .....63 | 圖4.22(e)多波束成型器Port5遠場場形圖.....      | 64 | 圖4.22(f)多波束成型器遠場場形圖.....           |
| .....64 | 圖4.23圓形極化多波束成型器實體圖.....            | 65 | 圖4.24(a)圓形極化多波束成型器Port1遠場場形圖.....  |
| .....65 | 圖4.24(b)圓形極化多波束成型器Port2遠場場形圖.....  | 66 | 圖4.24(c)圓形極化多波束成型器Port3遠場場形圖.....  |
| .....66 | 圖4.24(d)圓形極化多波束成型器Port4遠場場形圖.....  | 67 | 圖4.24(e)圓形極化多波束成型器Port5遠場場形圖.....  |
| .....67 | 圖4.24(f)圓形極化多波束成型器遠場場形圖.....       | 68 | 圖4.25(a)多波束圓形極化Port 1 AR圖.....     |
| .....68 | 圖4.25(b)多波束圓形極化Port 2 AR圖.....     | 69 | 圖4.25(c)多波束圓形極化Port 3 AR圖.....     |
| .....69 | 圖4.25(d)多波束圓形極化Port 4 AR圖.....     | 70 | 圖4.25(e)多波束圓形極化Port 5 AR圖.....     |
| .....70 | 圖4.25(f)多波束圓形極化AR圖.....            | 71 | 表目錄                                |
| .....10 | 表2.1圓球形Luneberg lens半徑與介電係數表.....  | 11 | 表2.2圓柱形Luneberg lens半徑與介電係數表.....  |
| .....38 | 表4.1半徑與介電係數表.....                  | 38 | 表4.2半徑與金屬板間距表.....                 |
| .....41 | 表4.3線性極化與圓形極化AR比較表.....            | 42 | 表4.4線性極化與圓形極化半功率波束寬比較表.....        |
| .....43 | 表4.5線性極化與圓形極化增益表.....              |    |                                    |

## REFERENCES

參考文獻 [1].Hal Schrank, John Sanford, " A Luneberg-Lens Undata ", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 37, No. 1, February 1995 [2].Andrew D. Greenwood and Jian —Ming Jin, " A Field picture of Wave Propagation in Inhomogeneous Dielectric Lenses ", IEEE Antennas And Propagation Magazine, Vol.41, No.5, October 1999 [3].Rayner , Director, Airborne Products Division, Datron/ Transco Inc ., Simi Valley, California, "se of the Luneberg Lens for Low Profile Applications" ,Microwave Product Digest, December, 1999 [4].STUTZMAN, WARREN L.& THIELE, GARY A.,"Antenns Theory And Design " , P397-415 , John Wiley & Sons,1981 [5].CHATTERJEE, RAJESWARI , " Antenna Theory And Praice ",164-177,P191-200, John Wiley & Sons ,1989 [6].BALANIS,CONSTANTINE , " Antenna Theory : Analysis And Design " ,P651-681, John Wiley & Sons, 1938 [7].SLETTEN,CARLYLE J.,EDITOR , " Reflector And Lens Antennas " ,P306-310,Artech House, 1988 [8].E.A. Wolff, " ANTENNA ANALYSIS " ,復文書局, 1978 [9].白光弘, " 天線原理及應用 " ,明文書局股份有限公司, 1999 [10].廖肇賢, " 2.4GHz ISM波段凹透鏡天線設計與製作 " ,碩士論文,大葉大學電機所, 2001年6月 [11].蔡錦堡, " 1.8GHz 圓形極化基地台天線設計 " ,碩士論文,大葉大學電機所, 2001年6月