

電磁相容電波暗室之特性的模擬與分析

陳建宏、林明星；陳雍宗

E-mail: 9419755@mail.dyu.edu.tw

摘要

電波暗室可在室內執行輻射放射 (Radiated Emission : RE) 與輻射耐受 (Radiated Susceptibility : RS) 測試, 已成為最佳電磁干擾/電磁相容量測場地。本篇論文利用幾何光學、光線追蹤、司乃耳定律與映象原理方法, 建立-分析電波暗室特性之程式。模擬程式由Matlab所撰寫, 程式上共建立了正規化場地衰減、正規化場地傳輸損失、場均勻度與反射率程度四個主要模擬項目。在研究中利用所建立之程式, 吾人進行了電波暗室之正規化場地衰減、正規化場地傳輸損失、場均勻度與反射率程度四種特性之分析。同時進行漢翔 (AIDC) 半電波暗室正規化場地衰減與環電 (USI) 全電波暗室正規化場地傳輸損失的量測, 並與模擬數據作比較。比較結果可以發現, 正規化場地衰減在低頻比較難通過ANSI C63.4規範, 而正規化場地傳輸損失則全部通過Friis的理論值。

關鍵詞: 電磁干擾電磁相容、幾何光學、映象原理、司乃耳定律、光線追蹤、正規化場地衰減、正規化場地傳輸損失、場均勻度、反射率程度

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	
.	iv	英文摘要	v
.	vi	目錄	vii
.	ix	圖目錄	xiv
.		表目錄	xiv
第一章 序論 1.1研究動機	1	1.2文獻回顧及研究方法	
.	4	1.3研究目標	6
.	4	1.4論文大綱	7
第二章 全電波暗室與半電波暗室量測理論	8	2.1正規化場衰減之歷史演進簡介	8
正規化場地衰減量測方法	9	2.2.1正規化場衰減之歷史演進簡介	8
場地衰減 (NSA)	19	2.2.2正規化場衰減量測方法	12
傳輸損耗(NSTL)	21	2.3自由空間中天線輻射之遠場表示式	20
第三章 電波暗室模擬方法	25	2.4正規化場地衰減 (NSA)	19
電磁傳播模擬方法	25	2.5 FU (Field Uniformly) 全電波暗室場均勻度	20
3.2全電波暗室之電場計算方法	29	2.6正規化場地傳輸損耗(NSTL)	21
3.2.1 RF(Reflectivity Level)反射率的定義	35	第三章 電波暗室模擬方法	25
3.2.2 FU (Field Uniformly) 場均勻度的計算方式	36	3.1電波暗室之電磁傳播模擬方法	25
3.3半電波暗室之電場計算方法	37	3.2全電波暗室之電場計算方法	29
3.4吸收體衰減值的計算方式	43	3.2.1 RF(Reflectivity Level)反射率的定義	35
43		3.2.2 FU (Field Uniformly) 場均勻度的計算方式	36
第四章 模擬結果與分析	45	3.3半電波暗室之電場計算方法	37
.	45	3.4吸收體衰減值的計算方式	43
4.2漢翔9×6×6半電波暗室模擬與量測比較	49	43	
4.3環電10×5×5全電波暗室模擬與量測比較	57	第四章 模擬結果與分析	45
4.4吸收體的大小與NSA、NSTL、FU的比較	70	4.1程式操作說明	45
第五章 結論	85	4.2漢翔9×6×6半電波暗室模擬與量測比較	49
參考文獻	87	4.3環電10×5×5全電波暗室模擬與量測比較	57
附錄A 正規化場地衰減理論值	89	4.4吸收體的大小與NSA、NSTL、FU的比較	70
附錄B 環電正規化場地傳輸損失模擬與量測曲線	91	第五章 結論	85
附錄C 環電場均勻度之模擬數據	101	參考文獻	87
圖目錄 圖1.1開放測試場地	2	附錄A 正規化場地衰減理論值	89
圖1.2半電波暗室	3	附錄B 環電正規化場地傳輸損失模擬與量測曲線	91
圖1.3全電波暗室	3	附錄C 環電場均勻度之模擬數據	101
圖1.4測試容區(Test Volume)	5	圖目錄 圖1.1開放測試場地	2
圖1.5 Ray Tracing	6	圖1.2半電波暗室	3
圖1.6映象原理	6	圖1.3全電波暗室	3
圖2.1正規化場地衰減量測方法第一步	9	圖1.4測試容區(Test Volume)	5
圖2.2正規化場地衰減量測方法第二步	10	圖1.5 Ray Tracing	6
圖2.3(a) 測試容區量測之天線水平極化	11	圖1.6映象原理	6
圖2.3(b) 測試容區量測之天線垂直極化	12	圖2.1正規化場地衰減量測方法第一步	9
圖2.4水平極化之偶極天線的電磁場傳播模型	14	圖2.2正規化場地衰減量測方法第二步	10
圖2.5垂直極化之偶極天線的電磁場傳播模型	16	圖2.3(a) 測試容區量測之天線水平極化	11
圖2.6發射天線的等效電路	18	圖2.3(b) 測試容區量測之天線垂直極化	12
圖2.7接收天線的等效電路	18	圖2.4水平極化之偶極天線的電磁場傳播模型	14
圖2.8場均勻度量測表示方法	21	圖2.5垂直極化之偶極天線的電磁場傳播模型	16
圖3.1電波暗室的座標	26	圖2.6發射天線的等效電路	18
圖3.2(a) 模擬全電波暗室電場一次反射傳播路徑	26	圖2.7接收天線的等效電路	18
圖3.2(b) 模擬半電波暗室電場二次反射傳播路徑	27	圖2.8場均勻度量測表示方法	21
圖3.3電波暗室吸收體的位置與大小示意圖	28	圖3.1電波暗室的座標	26
圖3.4 Ferrite tile 0角度的Return Loss	28	圖3.2(a) 模擬全電波暗室電場一次反射傳播路徑	26
圖3.5反射線由的平面產生標題	31	圖3.2(b) 模擬半電波暗室電場二次反射傳播路徑	27
圖3.6反射線由的平面產生	33	圖3.3電波暗室吸收體的位置與大小示意圖	28
圖3.7反射面由的平面產生	35	圖3.4 Ferrite tile 0角度的Return Loss	28
圖3.8場均勻度測試方法	37	圖3.5反射線由的平面產生標題	31
圖3.9二次反射路徑 (天花板到地板)	39	圖3.6反射線由的平面產生	33
圖3.10二次反射路徑 (地板到天花板)	40	圖3.7反射面由的平面產生	35

圖3.11二次反射路徑（地板到前牆）	42	圖3.12二次反射路徑（地板到後牆）	42
圖3.13階層結構	44	圖4.1一開始執行程式時的初始狀態	45
圖4.2 Load Absorber Data的檔案內容	48	圖4.3 Load Ferrite Data的檔案內容	48
圖4.4 Load Frequency Range Data的檔案內容	49	圖4.5漢翔電波暗室接收天線端吸收體擺設位置	50
圖4.6漢翔電波暗室測試容區與右面牆吸收體擺設位置	51	圖4.7漢翔電波暗室測試容區與左面牆吸收體擺設位置	51
圖4.8模擬漢翔角錐吸收體的衰減量	51	圖4.9漢翔吸波磚的衰減量	52
圖4.10漢翔的角錐吸收體與吸波磚的合成衰減量	53	圖4.11測試容區測試位置	54
圖4.12漢翔NSA量測與模擬於天線水平極化1米高	54	圖4.13漢翔NSA量測與模擬於天線水平極化2米高	55
圖4.14漢翔NSA量測與模擬於天線垂直極化1米高	56	圖4.15漢翔NSA量測與模擬於天線垂直極化1.5米高	56
圖4.16環電電波暗室天花板與邊牆吸收體擺設位置	57	圖4.17環電電波暗室天線後方與邊牆吸收體擺設位置	58
圖4.18環電電波暗室測試容區後方與地面吸收體擺設位置	58	圖4.1985公分吸收體的衰減量	59
圖4.20環電的吸波磚的特性	59	圖4.21環電的角錐吸收體與吸波磚的合成衰減量	60
圖4.22水平極化測試容區A點1.8m	61	圖4.23水平極化測試容區B點1.8m	61
圖4.24水平極化測試容區C點1.8m	62	圖4.25水平極化測試容區D點1.8m	62
圖4.26水平極化測試容區E點1.8m	63	圖4.27垂直極化測試容區A點1.8m	64
圖4.28垂直極化測試容區B點1.8m	64	圖4.29垂直極化測試容區C點1.8m	65
圖4.30垂直極化測試容區D點1.8m	65	圖4.31垂直極化測試容區E點1.8m	66
圖4.32天線水平極化之場均勻度在頻率1GHz時	67	圖4.33天線垂直極化之場均勻度在頻率1GHz時	68
圖4.34水平極化的全電波暗室反射率在頻率1G的表現	69	圖4.35垂直極化的全電波暗室反射率在頻率1G的表現	69
圖4.36模擬743的NSTL在吸收體為1cm時（H）	70	圖4.37模擬743的NSTL在吸收體為5cm時（H）	71
圖4.38模擬743的NSTL在吸收體為15cm時（H）	71	圖4.39模擬743的NSTL在吸收體為40cm時（H）	72
圖4.40模擬743的NSTL在吸收體為1cm時（V）	73	圖4.41模擬743的NSTL在吸收體為5cm時（V）	73
圖4.42模擬743的NSTL在吸收體為15cm時（V）	74	圖4.43模擬743的NSTL在吸收體為40cm時（V）	74
圖4.44模擬743的NSTL在吸收體為75cm時（V）	75	圖4.45模擬743的FU在頻率為160MHz時（H）	76
圖4.46模擬743的FU在頻率為250MHz時（H）	76	圖4.47模擬743的FU在頻率為600MHz時（H）	77
圖4.48模擬743的FU在頻率為1000MHz時（H）	77	圖4.49模擬743的FU在頻率為160MHz時（V）	78
圖4.50模擬743的FU在頻率為250MHz時（V）	78	圖4.51模擬743的FU在頻率為600MHz時（V）	79
圖4.52模擬743的FU在頻率為1000MHz時（V）	79	圖4.53模擬966的NSA在吸收體為1cm時（H）	80
圖4.54模擬966的NSA在吸收體為10cm時（H）	81	圖4.55模擬966的NSA在吸收體為20cm時（H）	81
圖4.56模擬966的NSA在吸收體為1cm時（V）	82	圖4.57模擬966的NSA在吸收體為20cm時（V）	83
圖4.58模擬966的NSA在吸收體為40cm時（V）	83	圖4.59模擬966的NSA在吸收體為65cm時（V）	84
圖4.60模擬966的NSA在吸收體40cm加入Ferrite tile時（V）	84	圖B.1水平極化測試容區A點2.3m	91
圖B.2水平極化測試容區B點2.3m	91	圖B.3水平極化測試容區C點2.3m	92
圖B.4水平極化測試容區D點2.3m	92	圖B.5水平極化測試容區E點2.3m	93
圖B.6垂直極化測試容區A點2.3m	93	圖B.7垂直極化測試容區B點2.3m	94
圖B.8垂直極化測試容區C點2.3m	94	圖B.9垂直極化測試容區D點2.3m	95
圖B.10垂直極化測試容區E點2.3m	95	圖B.11水平極化測試容區A點2.8m	96
圖B.12水平極化測試容區B點2.8m	96	圖B.13水平極化測試容區C點2.8m	97
圖B.14水平極化測試容區D點2.8m	97	圖B.15水平極化測試容區E點2.8m	98
圖B.16垂直極化測試容區A點2.8m	98	圖B.17垂直極化測試容區B點2.8m	99
圖B.18垂直極化測試容區C點2.8m	99	圖B.19垂直極化測試容區D點2.8m	100
圖B.20垂直極化測試容區E點2.3m	100	表目錄	
表4.1半電波暗室之正規化場地衰減相關的參數輸入項目	46	表4.2全電波暗室之場均勻度與反射率程度的參數輸入項目	47
表4.3全電波暗室之自由空間的正規化場地衰減	47	表A.1水平極化正規化場地衰減理論值	89
表A.2垂直極化正規化場地衰減理論值	90	表C.1天線水平極化之場均勻度數據	101
表C.2天線垂直極化之場均勻度數據	102		

參考文獻

[1] A.A.Smith, R.F.German, and J.B.Pate, " Calculation of Site Attenuation From Antenna Factors ", IEEE Trans. On Electromagnetic Compatibility, vol. EMC-24, No. 3, pp. 301-316, August 1982.

- [2] Shastry, S.V.K.; Nagesh, S.K.; Binu, D.; " Reflectivity Level of RF Shielded Anechoic Chamber " , Electromagnetic Compatibility, 1995. Symposium Record. 1995 IEEE International Symposium on , 14-18 Aug. 1995 Pages:578 – 583 [3] ANSI C63.4-1992, " American National Standard : Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electric and Electronic Equipment in the Range of 9KHz to 40GHz " ,2001 [4] EN 61000-4-3:1996, " Electromagnetic Compatibility(EMC), Part4. Testing and Measurement Techniques, Section 3. Radiated, Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test " .
- [5] Constantine A. Balanis, " Antenna Theory Analysis and Design " , Wiley, New York, 1997, [6] W. Scott Bennett, " Normalized site attenuation newly characterized " , IEEE Int. Symp. Electromag. Compat., Vol.1,pp.141-146,1998.
- [7] Technical Data Sheet, Toyo Corporation.
- [8] MATLAB 程式設計與應用 張智星 著 [9] CLAYTONR.PAUL, " Introduction to Electromagnetic " , A Wiley-Interscience Publication, 1992.
- [10] Xiao Li, " The Evaluation for Emission Measurements above 1GHz " , Asia-Pacific Conference, 2000 [11] David M.Pozar, " Microwave Engineering " , John Wiley & Sons, 2003, 2/E [12] Gillette, M.R., and Wu, P.R., " RF Anechoic Chamber Design using Ray Tracing " 1997 Int. IEEE/AP-S Symp. Dig. pp 246-252, 1977.
- [13] Misra,S.R., and Pavlasek, T.J.F., " EM Field inside ALC ' s; A Computational Approach " IEEE Int. Symp. On EMC. pp 232-236, 1982.
- [14] Misra,S.R., and Pavlasek, T.J.F.,and Yazar,N., " Design Criteria for Cost Affective Broad-Band Absorber Lined Chamber for EMC Measurement " IEEE Trans. EMC-24, pp 12-19, February 1982.
- [15] Misra,S.R., " Effect of Degraded Absorber Performance on EMC Measurement " IEEE Int. Symp. On EMC. pp 498-503,1983 [16] Misra,S.R., and Pavlasek, T.J.F., " Design of Absorber Lined Chamber for EMC Measurements using Geometrical Optics Approach " IEEE Trans. EMC-26, pp 111-119, August 1984.