

# 輻射源位置對電波迴響室場均勻度與等向性之效應

黃柏勳、林漢年；邱政男

E-mail: 9606883@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

科技快速發展的今日，生活環境裡到處充斥著電磁波的干擾，導致設備儀器可能誤動作或影響電氣特性，因此世界各國對電子產品通過電磁相容(EMC)的要求也日趨普遍及嚴格。本論文所研究的電波迴響室(Reverberation Chamber)即為一種新興的電磁相容測試場，其原理係在一金屬空腔中，利用金屬扇葉旋轉來攪拌並改變空腔內部電磁場分佈的邊界條件，進而達到控制測試區域內電磁場強均勻分佈的目的。此種結構除了不需加裝一般電波暗室所使用之昂貴吸波材料及中高功率放大器外，重要的是它能在執行電磁耐受性(EMS)測試時，產生統計上均勻且等向性的電場來達到EMC測試之要求。以電磁耐受測試的場地而言，由於其具有成本低和效率高的優勢，因此電波迴響室是最近EMC領域積極發展的測試設施。本論文主要研究和探討的議題是當改變迴響室內激發天線的位置與方向時，迴響室測試區域內電磁場強的等向性和場均勻度會有何影響，並再利用數值模擬和實際量測進行比較分析。

關鍵詞：電波迴響室；輻射耐受性測試；激發天線；場強均勻度

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iii
. . . . . iv 英文摘要 . . . . .	iv	v 誌謝 . . . . .	v
. . . . . vi 目錄 . . . . .	vi	vii 圖目錄 . . . . .	vii
ix 表目錄 . . . . .	xiii	(空一行) 第一章 緒論 1.1 研究動機 . . . . .	1
. . . . . 1 1.2 研究方法 . . . . .	3	1.3 論文大綱 . . . . .	3
. . . . . 3 第二章 電波迴響室介紹 2.1 何謂電波迴響室 . . . . .	5	2.2 電波迴響室基本理論 . . . . .	9
. . . . . 9 2.2.1 模態 . . . . .	11	2.2.2 模態 . . . . .	11
. . . . . 12 2.3 電波迴響室相關參數 . . . . .	13	2.3.1 品質因子 . . . . .	13
. . . . . 14 2.3.2 品質因子頻寬 . . . . .	16	2.3.3 最低模態數和最低可用頻率 . . . . .	16
. . . . . 18 2.3.4 統計所需的取樣數 . . . . .	20	2.3.5 攪拌扇葉效率 . . . . .	22
. . . . . 22 2.4 電波迴響室特性的校正 . . . . .	24	2.4.1 校正程序 . . . . .	24
24 2.4.2 場強均勻度 . . . . .	26	2.4.3 電波迴響室內的電場 . . . . .	27
27 2.4.4 負載效應 . . . . .	28	2.4.5 耐受性測試的輸入功率估算 . . . . .	29
29 2.4.6 其他重要校正議題 . . . . .	30	2.5 場強均勻度估算方法 . . . . .	31
31 2.6 電波迴響室的優點與應用 . . . . .	34	第三章 電波迴響室電磁數值模擬與分析 3.1 電磁數值模擬與參數設定 . . . . .	37
. . . . . 37 3.2 數值模擬結果與分析 . . . . .	42	第四章 電波迴響室實際量測與分析 4.1 電波迴響室基本配置 . . . . .	66
66 4.2 實際量測結果與分析 . . . . .	71	4.3 量測與模擬結果之比較 . . . . .	86
86 第五章 結論 . . . . .	90	參考文獻 . . . . .	92
92 圖目錄 圖2.1 典型的電波迴響室設備 . . . . .	7	圖2.2 測試區域電場分佈圖 . . . . .	8
8 圖2.3 矩形共振腔結構 . . . . .	11	圖2.4 電波迴響室的品質因子隨頻率變化圖 . . . . .	15
15 圖2.5 品質因子頻寬和第60個模態結構重疊圖 . . . . .	17	圖2.6 品質因子頻寬和第60個模態結構重疊圖(降低Q後) . . . . .	17
17 圖2.7 電波迴響室模態數隨頻率變化圖 . . . . .	19	圖2.8 電場平均值在固定位置和取樣數的機率密度圖 . . . . .	21
21 圖2.9 電場最大值在固定位置和取樣數的機率密度圖 . . . . .	22	圖2.10 迴響室內的測試區域 . . . . .	25
25 圖2.11 一般電波暗室16點評估場均勻度的測試區域 . . . . .	27	圖2.12 電波迴響室8點評估場均勻度的測試區域 . . . . .	27
27 圖2.13 電波迴響室對車輛進行EMS測試 . . . . .	36	圖2.14 電波迴響室對手機進行EMI測試 . . . . .	36
36 圖3.1 迴響室激發天線在位置A的模型 . . . . .	39	圖3.2 激發天線調變的高斯脈衝訊號 . . . . .	40
40 圖3.3 迴響室中激發天線位置配置圖 . . . . .	41	圖3.4 y-z面X=0電場分佈圖 . . . . .	44
44 圖3.5 x-z面Y=0電場分佈圖 . . . . .	45	圖3.6 x-y面Z=0電場分佈圖 . . . . .	46
46 圖3.7 測試區域y-z面X=175電場分佈圖 . . . . .	47	圖3.8 測試區域中間y-z面X=225電場分佈圖 . . . . .	48
48 圖3.9 測試區域y-z面X=275電場分佈 . . . . .	49	圖3.10 測試區域x-z面Y=112.5電場分佈圖 . . . . .	50
50 圖3.11 測試區域中間x-z面Y=162.5電場分佈圖 . . . . .	51	圖3.12 測試區域x-z面Y=212.5	

電場分佈圖 . . . . .	52	圖3.13 測試區域x-z面Z=80電場分佈圖 . . . . .	53	圖3.14 測試區域中
間x-z面Z=130電場分佈圖 . . . . .	54	圖3.15 測試區域x-z面Z=180電場分佈圖 . . . . .	55	圖3.16 迴響
室內部天線S11 . . . . .	56	圖3.17 工作區域x方向電場分佈圖 . . . . .	56	
圖3.18 激發天線在位置A朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .	58	圖3.19 激發天線在位置B朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .	58	圖3.20 激發天線在位置C朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .
圖3.21 激發天線在位置D朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .	59	圖3.22 激發天線在位置A朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .	60	圖3.23 激發天線在位置B朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .
圖3.24 激發天線在位置C朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .	61	圖3.25 激發天線在位置D朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .	61	圖3.26 可調整頻率的偶極天線模擬模型 . . . . .
圖3.27 偶極天線在自由空間的S11模擬結果 . . . . .	63	圖3.28 dipole天線在位置A之統計場均勻度 . . . . .	63	圖3.29 dipole在天線位置B之統計場均勻度 . . . . .
圖3.30 dipole在天線位置C之統計場均勻度 . . . . .	64	圖3.31 dipole天線在位置D之統計場均勻度 . . . . .	65	圖4.1 電波迴響室外觀圖 . . . . .
圖4.2 迴響室內之N型金屬迴旋扇葉 . . . . .	67	圖4.3 朝向牆角的對數週期天線 . . . . .	67	圖4.4 偶極天線實體圖 . . . . .
圖4.5 迴響室量測儀器 . . . . .	68	圖4.6 迴響室量測實驗配置圖 . . . . .	70	圖4.7 電波迴響室的量測設備配置俯視圖 . . . . .
圖4.8 朝迴響室內輻射的對數週期天線 . . . . .	72	圖4.9 放置於位置C的偶極天線 . . . . .	73	圖4.10 迴響室激發天線位置配置圖 . . . . .
圖4.11 探棒X軸所量測的電場值 (對數週期天線) . . . . .	76	圖4.12 探棒Y軸所量測的電場值 (對數週期天線) . . . . .	77	圖4.13 探棒Z軸所量測的電場值 (對數週期天線) . . . . .
圖4.14 激發天線在位置A朝向牆角之統計場均勻度(0秒間隔) . . . . .	78	圖4.15 激發天線在位置A朝向牆角之統計場均勻度(1秒間隔) . . . . .	78	圖4.16 激發天線在位置A朝向牆角之統計場均勻度(2秒間隔) . . . . .
圖4.17 激發天線在位置B朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .	79	圖4.18 激發天線在位置C朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .	80	圖4.19 激發天線在位置D朝向牆角之統計場均勻度 . . . . .
圖4.20 激發天線在位置A朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .	81	圖4.21 激發天線在位置B朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .	81	圖4.22 激發天線在位置C朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .
圖4.23 激發天線在位置D朝向迴響室內之統計場均勻度 . . . . .	82	圖4.24 探棒X軸所量測的電場值 (偶極天線) . . . . .	83	圖4.25 探棒Y軸所量測的電場值 (偶極天線) . . . . .
圖4.26 探棒Z軸所量測的電場值 (偶極天線) . . . . .	84	圖4.27 偶極天線在位置A之統計場均勻度 . . . . .	84	圖4.28 偶極天線在位置B之統計場均勻度 . . . . .
圖4.29 偶極天線在位置C之統計場均勻度 . . . . .	85	圖4.30 偶極天線在位置D之統計場均勻度 . . . . .	86	圖4.31 偶極天線在位置A之統計場均勻度對照圖 . . . . .
圖4.32 偶極天線在位置B之統計場均勻度對照圖 . . . . .	88	圖4.33 偶極天線在位置C之統計場均勻度對照圖 . . . . .	89	圖4.34 偶極天線在位置D之統計場均勻度對照圖 . . . . .
表目錄 表2.1 電波迴響室的體積以及可以量測的最低可用頻率對照表 . . . . .	20	表 2.2 IEC 61000-4-21法規要求場強均勻度的容許限制值 . . . . .	34	表 3.1 偶極天線頻率與長度關係圖 . . . . .
	62			

## 參考文獻

[1] Teng-Yi Zou, Da-Yeh University, Taiwan, "Effect of Rotational Stirrer Location on Field Uniformity inside Reverberation Chamber".

[2] Yin-Ru Huang, Da-Yeh University, Taiwan, "Effect of Rotational Stirrer Shape on Field Uniformity inside a Reverberation Chamber".

[3] C. J. Ko, Da-Yeh University, Taiwan, "Analysis of Field Uniformity and Isotropy inside a Reverberation Chamber. "

[4] IEC International 61000-4-21 Standard, "Electro-magnetic compatibility (EMC)-part 4-21: Testing and measurement techniques-Reverberation chambers test methods", 1995.

[5] IEC 61726 – cable Assemblies, Cables, Connectors and passive Microwave Components – Screening Attenuation Measurement by the Reverberation Chamber Method, International Electrotechnical Commission (IEC), Geneva, Switzerland Int. Std., IEC SC 46A, Nov. 1999 [6] Katsushige HARIMA, Yukio YAMANAKA, "Evaluation of Electric-Field Uniformity in a Reverberation Chamber for Radiated Immunity Testing. ", IEICE Trans. Commun., VOL.E84-B, NO.9, pp.2618-2621, September 2001.

[7] Lehman, Th. A statistical theory of electromagnetic fields in complex cavities. Note 494, USAF Phillips Laboratory Interaction Note Series, May 1993.

[8] Arnaut, Lr. Compound exponential distributions for undermoded reverberation chambers. Accepted for publication in IEEE Trans. EMC (2002).

[9] David M. Pozar, Microwave Engineering 2nd ed., John Wiley & Sons, 1998, ISBN 0-471-17096-8.

[10] Liu, B.H., Chang, D.C., Ma, M.T.: Eigenmodes and the Composite Quality Factor of a Reverberating Chamber, NBS Technical Note 1066, National Bureau of Standards, Boulder, CO., August 1983.

[11] C.L. Holloway, P.F. Wilson, G. Koepke and M. Candidi, "Total Radiated Power Limits for Emission Measurements in a Reverberation Chamber," Proc. 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Cmpatibility, Boston, MA, August, 2003 [12] Hatfield, Mo. Shielding

effectiveness measurements using mode-stirred chamber: A comparison of two approaches. IEEE Transactions on EMC, August 1988, vol.30, NO. 3, pp. 229-238.

[13] Per-Simon Kildal, Yngve Hamnerius, " Accurate Measurement of Small Antennas and Radiation from Mobile Phones in Small Reverberation Chambers " .

[14] Arnaut, Lr. Effect of local stir and spatial averaging on the measurement and testing in mode-tuned and mode-stirred reverberation chambers. IEEE Trans. EMC, Aug. 2001, vol. 43, nr.3, pp.305-325.

[15] Daming Zhang, Jianjian Song, " Impact of Stirrer ' s Position on the properties of a Reverberation Chamber with two Stirrers. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Aug. 2000, vol. 1, pp.7-10.

[16] Z. Yuan, J. He, S. Chen, R. Zeng, T. Li, " Evaluation of Transmit Antenna Position in Reverberation Chamber. " , IEEE Transactions on EMC, vol.49, NO.1, February 2007.

[17] C. Bruns, R. Vahldieck, " A Closer Look at Reverberation Chambers – 3-D Simulation and Experimental Verification " , IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. Vol 47. No.3 August 2005

[18] T. Panaretos, C.A Balanis, C.R. Birtcher, " HIRF Penetration Into Simplified Fuselage Using a Reverberation Chamber Approach " , IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. Vol 47. No.3 August 2005