

# 量測液體介電參數之終端開路同軸探棒的分析與設計

李岳璵、林漢年

E-mail: 9315054@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

終端開路同軸傳輸線普遍應用於液體介電特性的量測，這些應用是依據終接於探棒之物質的不同，因而在開口產生不同特性之反射訊號的原理。然後，藉由同軸探棒孔徑導納與物質介電常數之特定公式來求得物質樣本的介電參數。本篇論文利用常見之直徑3.6mm的半硬式同軸傳輸線，再搭配向量網路分析儀來量測不同的液體樣本。最後，再利用終端開路同軸探棒之準靜態近似分析，來求出待測液體的介電參數。

關鍵詞：介電特性；同軸探棒；孔徑導納；準靜態近似分析

## 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	ix	xi 第一章 緒論	1
1.1 前言	1	1.2 研究動機與目標	1
1.3 介電特性量測系統的比較	6	2 第二章 傳輸線理論	6
2.1 傳輸線簡介	7	2.2 傳輸線的場論分析	7
2.2.1 同軸傳輸線的場論分析	7	2.2.2 有載的無損傳輸線	10
2.2.2 有載的無損傳輸線	10	3 第三章 終端開路同軸探棒的理論分析	12
3.1 同軸探棒孔徑之導納推導	20	3.2 準靜態近似分析	20
3.2 準靜態近似分析	20	4 第四章 同軸探棒的設計與量測	22
4.1 同軸探棒的校正	26	4.2 實驗設置與量測	26
4.2 實驗設置與量測	26	4.3 理論值與量測結果的比較	27
4.3 理論值與量測結果的比較	27	4.3.1 參考液體的介電特性	28
4.3.1 參考液體的介電特性	28	4.3.2 水的介電特性量測	32
4.3.2 水的介電特性量測	32	4.3.3 乙醇(酒精)的介電特性量測	33
4.3.3 乙醇(酒精)的介電特性量測	33	4.3.4 模擬生理組織液的介電特性量測	33
4.3.4 模擬生理組織液的介電特性量測	33	4.3.5 量測結果的誤差分析	37
4.3.5 量測結果的誤差分析	37	5 第五章 結論	40
5 第五章 結論	40	附錄	41
附錄	41	圖目錄	44
圖目錄	44	圖1.1 同軸開槽傳輸線	3
圖1.1 同軸開槽傳輸線	3	圖1.2 終端開路同軸傳輸線	3
圖1.2 終端開路同軸傳輸線	3	圖1.3 橫向電磁波傳輸線	4
圖1.3 橫向電磁波傳輸線	4	圖2.1 一些常見的傳輸線	6
圖2.1 一些常見的傳輸線	6	圖2.2 終接負載為的無損傳輸線	6
圖2.2 終接負載為的無損傳輸線	6	圖3.1 終端開路同軸線之幾何結構	11
圖3.1 終端開路同軸線之幾何結構	11	圖3.2 磁流源的幾何結構	13
圖3.2 磁流源的幾何結構	13	圖3.3 源座標與觀察點座標之向量圖	16
圖3.3 源座標與觀察點座標之向量圖	16	圖4.1 量測面與參考面之示意圖	23
圖4.1 量測面與參考面之示意圖	23	圖4.2 校正步驟(一)	25
圖4.2 校正步驟(一)	25	圖4.3 校正步驟(二)	25
圖4.3 校正步驟(二)	25	圖4.4 同軸探棒實作	26
圖4.4 同軸探棒實作	26	圖4.5 實驗配置圖	27
圖4.5 實驗配置圖	27	圖4.6 相對介電常數之實部	29
圖4.6 相對介電常數之實部	29	圖4.7 相對介電常數之實部誤差(%)	30
圖4.7 相對介電常數之實部誤差(%)	30	圖4.8 相對介電常數之虛部	30
圖4.8 相對介電常數之虛部	30	圖4.9 相對介電常數之虛部誤差(%)	31
圖4.9 相對介電常數之虛部誤差(%)	31	圖4.10 各種樣本的導電率比較	31
圖4.10 各種樣本的導電率比較	31	圖4.11 相對介電常數之實部	31
圖4.11 相對介電常數之實部	31	圖4.12 相對介電常數之虛部	32
圖4.12 相對介電常數之虛部	32	圖4.13 HP85070C量測配置圖	34
圖4.13 HP85070C量測配置圖	34	圖4.14 HP85070C探棒之幾何結構圖	35
圖4.14 HP85070C探棒之幾何結構圖	35	圖4.15 900MHz之模擬組織液之量測結果	35
圖4.15 900MHz之模擬組織液之量測結果	35	圖4.16 1800MHz之模擬組織液之量測結果	36
圖4.16 1800MHz之模擬組織液之量測結果	36	表目錄 表1. 介電特性量測系統之優缺點比較	4
表目錄 表1. 介電特性量測系統之優缺點比較	4	表4.1. 不同樣本的礦物質成份	29
表4.1. 不同樣本的礦物質成份	29	表4.2. 模擬組織液的調配配方	34
表4.2. 模擬組織液的調配配方	34	表4.3. IEEE Std 1528附錄C所述的目標值與測試值	36
表4.3. IEEE Std 1528附錄C所述的目標值與測試值	36	表4.4. 3.6mm探棒量測結果與IEEE Std 1528的比較	37
表4.4. 3.6mm探棒量測結果與IEEE Std 1528的比較	37	表4.5. HP85070C量測結果與IEEE Std 1528的比較	37
表4.5. HP85070C量測結果與IEEE Std 1528的比較	37	表4.6. 3.6mm探	

參考文獻

[1] S. Jenkins, " Dielectric measurements on reference liquids using automatic network analysers and calculable geometries ", Meas. Sci. Technol. 1(1990) 691-702.

[2] Annex J(informative), " Measurement of the dielectric properties of liquids and uncertainty estimation " , IEC62209/CD.

[3] D. K. Mirsa, " Noninvasive Electrical Characterization of Materials at Microwave Frequencies Using an Open-Ended Coaxial Line:Test of an Improved Calibration Technique " , IEEE Trans. Trans . vol. MTT-38, no. 1, January. 1990.

[4] Y. Z. Wei, " Radiation-corrected open-ended coax line technique for dielectric measurements of liquids up to 20 GHz " , IEEE Trans . vol. MTT-39, no. 3, March. 1991.

[5] A. Nyshadham, " Permittivity measurements using open-ended sensor and reference liquid calibration-an uncertainty analysis " , IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol MTT-40, no.2, February 1992 [6] D. K. Mirsa, " Measurement of the Complex Permittivity of Materials by an Open-Ended Coaxial Probe " , IEEE Microwave and Guided wave letters, vol. 5, no. 5, May 1995.

[7] H. Zheng, " Permittivity Measurements Using a Short Open-Ended Coaxial Line Probe " , IEEE Microwave and Guided wave letters, vol. 1, no. 11, November 1991.

[8] R. D. Nevels, " The annular slot antenna in a lossy biological medium " , IEEE Trans . vol. MTT-33, no. 4, April. 1985.

[9] A. Boughriet, " The Measurement of Dielectric Properties of liquids at Microwave Frequencies Using Open-Ended Coaxial Probe " ,1st World Congress on Industrial Process Tomography, Buxton, Greater Manchester, April14-17, 1999.

[10]IEEE Std 1528-200X:DRAFT Recommended Practice for Determining the Spatial-Peak Specific Absorption Rate (SAR) in Human Body Due to Wireless Communication Devices: Experimental Techniques.

[11]FCC OET Bulletin 65,Version 97-01:Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields.

[12]Agilent Technologies:85070C Dielectric Probe Kit.

[13]U. S. Inan, Engineering Electromagnetics, Addison-Wesley, 1999.

[14]郭仁財, 微波工程. 高立出版社, 2001.

[15]D. K. Mirsa, " A quasi-static analysis of open-ended coaxial lines " , IEEE Trans. Trans . vol. MTT-35, no. 10, October. 1987.

[16]R. F. Harrington, Time Harmonic Electromagnetic Field. New York: McGraw-Hill, 1961, pp.93, 110-113.

[17]L. L. Tasi, " A numerical solution for the near and far fields of an annular ring of magnetic current " , IEEE Trans. Antennas Propagat.,vol.AP-20, no. 5, pp. 569-576, Sept 1972.

[18]C. L. Pournaropoulos, " The co-axial aperture electromagnetic sensor and its application in material characterization " , Meas. Sci. Technol. 8 (1997)1191-1202. Printed in the UK.

[19]M. Abramowitz and I. T. Stegun, Eds, Handbook of Mathematical Functions. New York. Dover, 1965.p 591.

[20]D. V. Blackham, " An improved technique for permittivity measurements using a coaxial probe " , IEEE Trans. Instrum. Meas, vol.46, no.5 ,October 1997 [21]Dr Nguyen Tran, <http://microwaveprocessing.com/> [22]IEEE Std 1528-200X:Annex B(Dielectric Property Measurements)、Annex C(Recommended Recipes for Phantom Head-Tissue Simulant).

[23]J. M. Anderson, " Dielectric measurements using a rational function model " , IEEE Trans . vol. MTT-42, no. 2, February. 1994.