

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線特性研究及其作為 非平面式微波濾波器之應用(1)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-018-007-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立彰化師範大學電子工程學系

計畫主持人：李清和

計畫參與人員：賴錦瑞 黃繼徵 羅時樞

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 2 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
期中進度報告

接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線特性研究及其作為
非平面式微波濾波器之應用

(Study of Cylindrical Microstrip Lines with Corrugated
Ground Plane and Their Application as a Nonplanar
Microwave Filter)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92 - 2213 - E - 018 - 007

執行期間：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

計畫主持人：李清和

共同主持人：

計畫參與人員：賴錦瑞 黃繼徵 羅時樞

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立彰化師範大學 電子工程學系

中 華 民 國 93 年 10 月 31 日

接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線特性研究及其作為非平面式微波濾波器之應用(I)

(Study of Cylindrical Microstrip Lines with Corrugated Ground Plane and Their Application as a Nonplanar Microwave Filter (I))

計畫編號：NSC 92 - 2213 - E - 018 - 007

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：李清和 國立彰化師範大學 電子工程學系

E-mail: iecher@cc.ncue.edu.tw

計畫參與人員：賴錦瑞 黃繼徵 羅時樞

中文摘要

本計畫針對接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線之傳播特性作研究，所處理之柱面週期性皺摺結構的層數、厚度及介電常數在理論上可以任定。我們以兩種方法、分兩部份來進行解析。在第一部份中，我們以模態匹配法搭配 Floquet 原理來分析具一維皺摺接地面之柱面微帶傳輸線的傳播特性；所探討之結構包括皺摺結構為階梯狀及其變形如三角形、梯形乃至於弦波等形狀，研究項目則包括結構之週期、皺摺層之厚度、寬度與材質等對傳播特性之影響等。

在第二部份中我們採用有限元素法並以現有軟體來進行模擬。除了做數值解析外，我們亦將探討此種柱面微帶傳輸線結構作為非平面式微波濾波器之設計。預期本研究之成果將可作為設計新型非平面式微波濾波器之有用參考。

關鍵詞：柱面微帶傳輸線、週期性皺摺結構、波模匹配法、微波濾波器

Abstract

In this project, the propagation characteristic of a cylindrical transmission line with periodically corrugated ground plane was investigated. In principle, the structure under consideration can have corrugation of arbitrary shape, thick, and dielectric constant. We divided the research work into two parts, with two different approaches used for analysis. In the first part, the cylindrical transmission

line with 1-D corrugation was studied. Mode-matching technique (MMT) in conjunction with the Floquet's theory were utilized for theoretical analysis. The considered structures include those with ground corrugations of the staircase-shape, triangular shape, trapezoidal shape, and the limiting geometry of cosine-shape. The effects of the structure period, the corrugation thick and width, and other material parameters on propagation characteristics will be investigated.

In the second part (the work for the second year), we will apply the finite-element method for analysis, and use commercially available software for numerical solution. Besides the theoretical analysis, the cylindrical transmission line structure will be designed as a nonplane microwave filter. Results obtained in this research are expected to serve as useful references for nonplane microwave filter designers working in this field.

Keywords: Cylindrical transmission line, periodically corrugated structure, mode-matching method, microwave filter

1. 前言

柱面週期性結構之頻率選擇特性或濾波特性和在過去已有不少學者及研究人員從事研究 [1-6]。常用的解析方法包括 coupled-integral equation technique (CIET) [1]，波模匹配法(mode-matching method) [5]，以及有限元素法(finite-element method, FEM) [6, pp. 8-11]等。所分析的結構中，文

獻[1]中提及的圓柱表面波導，只有中心金屬圓柱與週期性皺褶結構 (periodical corrugation structure)，沒有外面的介質塗層 (coating)。而文獻[2-4]中所探討的圓形波導管結構，外面皆有遮蔽金屬圓柱，其內則在管壁上有週期性金屬皺褶，或是中心具有週期性皺褶，但這些皺褶的形狀皆為規則的矩形，其變化較少。

本計畫所探討的柱面微帶傳輸線結構，其微帶傳輸線位於最外層，往內則為多層之介電質；中心處則為皺褶金屬，皺褶的形狀可以是任意的。同時，週期性皺褶可以是一維(即沿著縱向(z 方向))或較為複雜的二維(即同時沿著縱向與方向角(ϕ))結構。目前，這樣的結構較少人研究，相關文獻亦較少見。我們以兩種方法來分別進行研究，其一為模態匹配法 配合 Floquet 原理來解析接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線之傳播特性；另一解析法為有限元素法，此部份我們主要將利用現有的 3D 模擬軟體 HFSS 來模擬與數值計算，且主要針對複雜之二維皺褶結構來分析。需強調第一部份採用模態匹配法、配合 Floquet 原理，主要是要探討此種結構傳播特性背後的物理機制。此外，針對典型之一維結構，我們將以兩種方法同時分析，並將所得結果做比較以求驗證。

2. 研究目的

對於本計畫中之研究項目，我們希望不僅是以解析與數值計算的方法，來分析其傳播特性，同時還能針對其傳播特性背後的物理機制進行深入的探討。而除結構之分析外，我們也將探討各種接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線結構應用於非平面微波濾波器之應用設計。

3. 結果與討論

本節中我們將列出一些代表性的結果，如圖 1 所示為本研究所模擬之四種不同形狀的皺摺接地面結構圖。首先，我們以相對介電常數 $\epsilon_r = 9.6$ ，結構週期 p 為 10 mm，皺摺深度 d 為 0.25 mm 之柱面波導管為例來模擬其介質厚度對第一禁帶特性

的傳播特性之影響，如圖 2 所示。研究顯示在滿足 Bragg condition 時(即 $\beta p = \pi$)，會有禁帶(stopband)產生。一般來說，對於較深的皺摺結構，表示其不連續現象越強，形成較強的反射波，因此有較大的衰減常數、較高的中心頻率、及較寬的禁帶頻寬。由圖 2(a)之模擬結果可知，禁帶的中心頻率與介質厚度成反比，與接地面形狀較不相關，因為結構的禁帶中心頻率由結構週期決定，與皺摺結構形狀較不相關，另外，如圖 2(b)可知，皺摺形狀為步階型的接地結構，其衰減常數最大，因為其具有較深的皺摺深度。在較深的皺摺結構裡，由於反射現象較淺者為多，因此形成較寬的禁帶寬度，如圖 2(c)所示。

除了研究介質厚度對第一禁帶特性的影響外，我們亦研究結構週期 p 及相對介電常數 ϵ_r 對第一禁帶特性的影響，如圖 3 畫出前者之模擬結果(後者因為篇幅關係沒有放入)。對於較大的結構週期 p 而言，具有較大的有效介電常數($\epsilon_{\text{eff}} = (k_z/k_0)^2$)，其 Bragg condition 滿足於較低頻率，可知其禁帶中心頻率形成於較低頻率，如圖 3(a)所示，且形成較窄的禁帶頻寬，及較低的衰減常數結果，如圖 3(c)及 3(b)所示。

如圖 1(a)所示步階形狀結構，使用之參數為相對介電常數 $\epsilon_r = 9.6$ ，結構週期 p 為 10 mm，皺摺深度 d 為 0.5 mm，及皺摺寬度 w 為 5 mm。經由五段與十段串接之後 S 參數的模擬結果如圖 4 所示。由圖 4 之模擬結果可知，在相同週期長度下，串接五段與十段結構對禁帶中心頻率較不受影響，然而其衰減度與禁帶之陡峭度接與串階段數成正比。在禁帶區域裡，存在有顯著之反射；然而在通帶區域裡，只有少許之反射存在。因此可以設計成一種帶拒濾波器。

4. 成果自評

雖然在本精簡報告中，限於篇幅我們僅示出代表性之成果，然本研究在原計畫書中所規劃之研究項目皆已大致完成。本研究除可作為設計新型非平面式微波濾波器之有用參考外，亦可作為波導管接

地金屬部份因為加工的不良而造成其對傳播信號的失真影響之研究參考。此外對於較複雜的二維週期性接地面之皺摺結構的相關研究其背後的物理機制的解釋亦有所幫助。本研究第一年之成果已以下述兩篇論文發表，期刊論文亦正撰寫、投稿中。

1. Ching-Her Lee and Chin-Jui Lai, "Dispersion characteristics of the periodically loaded corrugated cylindrical waveguide," IEEE AP-S URSI Int'l Symp. Monterey, California, USA, June 2004, pp. 2151-2154.
2. Chin-Jui Lai, Ching-Her Lee, Chung-I G. Hsu, and Jean-Fu Kiang, "Propagation in Circular Surface Waveguides with Triangular and Rectangular Corrugation in the ground plane," ICEMAE 2004, Taipei, Taiwan.

References

- [1] R. E. Collin, Field Theory of Guided Waves, 2nd ed., New York:IEEE Press, 1991.
- [2] S. Amari, R. Vahldieck, Jens. Bornemann, and P. Leuchtman, "Spectrum of corrugated and periodically loaded waveguides from classical matrix eigenvalues," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 48, pp. 453-460, March 2000.
- [3] S. Amari, R. Vahldieck, and J. Bornemann, "Analysis of propagation in periodically loaded circular waveguides," IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., Vol. 146, NO. 1, February 1999.
- [4] S. W. Chen, X. P. Liang, and K. A. Zaki, "Propagation in periodically loaded corrugated waveguides," IEEE Trans. Magnetics, Vol. 25, pp. 3055-3057, July 1989.
- [5] J. E. Steban and J. M. Rebolla, "Characterization of corrugated waveguides by modal analysis," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 39, pp. 937-943, June 1991.
- [6] T. Itoh, G. Pelosi, and P. P. Silvester, Eds.,

Finite Element Software for Microwave Engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.

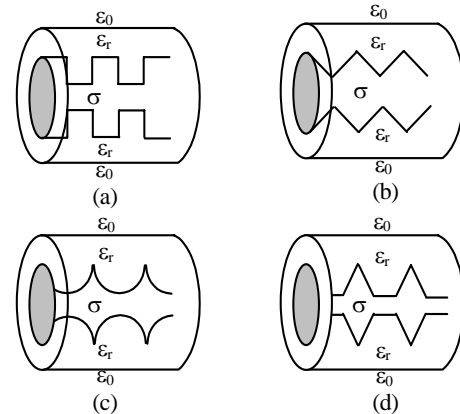
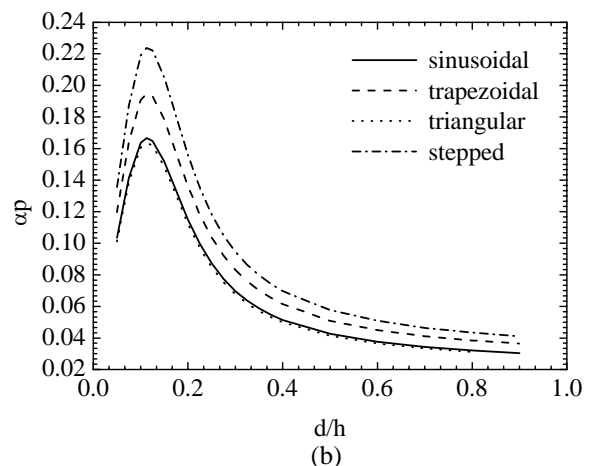
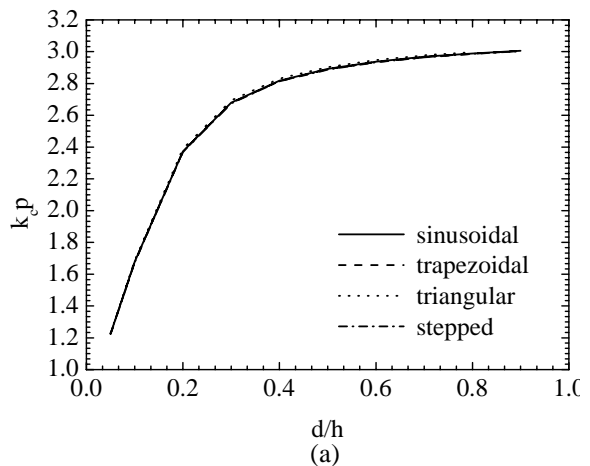


圖 1 具有四種不同週期性皺摺接地面之週期性柱面波導管，(a)步階型(b)三角型(c)正弦波型(d)梯形皺摺。



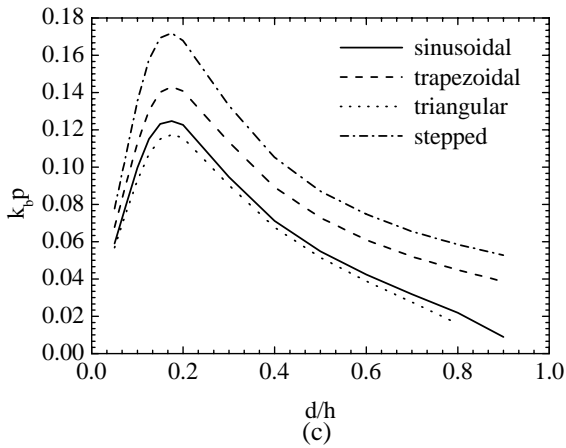


圖 2、介質厚度對第一禁帶特性的影響，(a) 中心頻率(b)衰減常數(c)頻帶寬度。

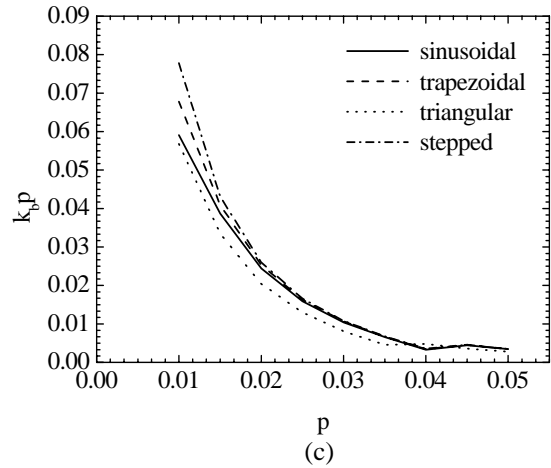


圖 3、結構週期 p 對第一禁帶特性的影響，(a)中心頻率(b)衰減常數(c)頻帶寬度。

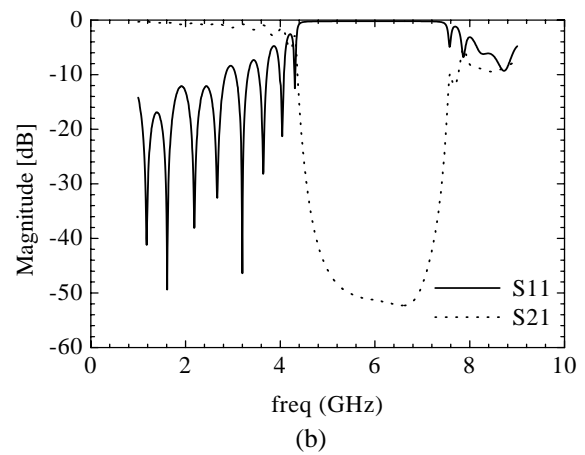
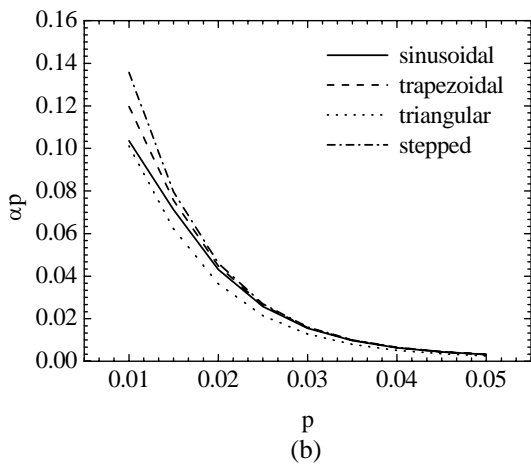
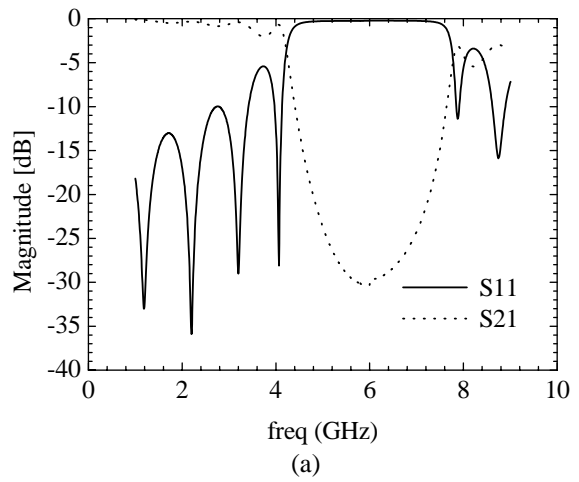
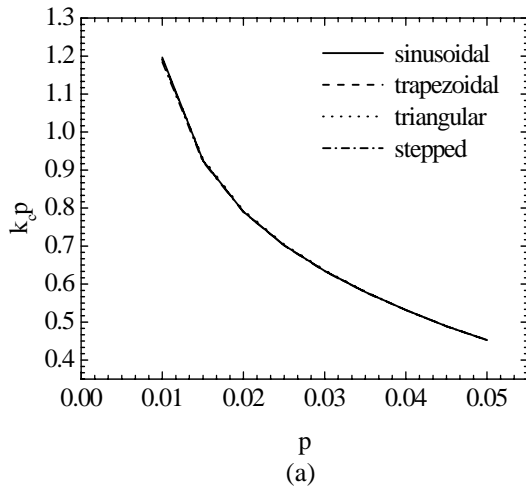


圖 4、具有步階形狀接地面之柱面微帶線 S 參數模擬結果(a)串接五個週期(b)串接十個週期。

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：93年10月31日

國科會補助計畫	計畫名稱：接地面具週期性結構之柱面微帶傳輸線特性研究及其作為非平面式微波濾波器之應用(I) 計畫主持人：李清和 計畫編號：NSC 92 - 2213 - E - 018 - 007 學門領域：電信學們
技術/創作名稱	(無) (本計畫屬於基礎型研究)
發明人/創作人	
技術說明	
可利用之產業及可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

3. 本表若不敷使用，請自行影印使用