

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(2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-018-006-

執行期間：93年08月01日至94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

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 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 93-2213-E-018-006-

執行期間：93年8月1日至94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 94 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

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

計畫編號：NSC 93-2213-E-018-006

執行期限：93年8月1日至94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皺摺結構之柱面微帶傳輸線，以及接地面為均勻、但微帶線寬度為週期性變化之結構的傳播特性作研究。我們將以模態匹配法及有限元素法來分析。有限元素法可呈現各 eigenmode 的個別或整體效應，且可以更有效率地處理具有各種不同皺摺形狀接地面之柱面微帶傳輸線結構，以避免繁雜之公式推導。所探討之結構包括接地面具漸變形週期性結構以及雙週期結構等之柱面波導與柱面微帶線的傳播特性。此外，對於接地面為均勻導體，而微帶線具週期性變化之結構的傳播特性，亦將一併進行研究。

除了做數值解析外，我們亦將探討其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、皺摺結構、模態匹配法、微波濾波器

Abstract

In this project, the propagation characteristics of cylindrical transmission lines with corrugated ground conductor are examined. The transmission lines with uniform center conducting cylinder but modulated line width are also investigated. We will apply the mode-matching method and the finite-element method for theoretical analysis, and use commercial software (such HFSS) for numerical solution. The FEM can show not only the individual mode effect, but

also the global effect of all the eigenmodes. this technique can treat cylindrical transmission line with more complex corrugated ground plane in a more efficient and easier fashion. The considered structures include those with periodically tapered pattern ground plane and double-period ground plane. In addition, the transmission lines with uniform center conducting cylinder but modulated line width with cosine shape and triangular shape are also analyzed.

Besides the theoretical analysis, the cylindrical transmission line as a nonplane microwave filter is also investigated. Results obtained in this research are expected to serve as useful references for designers working in this field.

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

1. 前言

由於柱面週期性結構之頻率選擇特性，使得此種結構在微波、毫米波與光波的應用上都扮演著重要的角色。在過去已有學者及研究人員使用多種方法從事研究 [1-6]。例如耦合積分程法 coupled-integral equation technique (CIET) [1]，模態匹配法(mode-matching method) [4]，以及有限元素法(finite-element method, FEM) [6, pp. 8-11]等。分析的結構中，文獻 [1-3]中所探討的圓柱表面波導結構，最外層皆有遮蔽金屬圓柱，不存在中心金屬導體，管壁上加有週期性金屬皺摺，或是中

心具有週期性皺褶。文獻[4]中考慮具有週期性皺摺的中心圓柱導體，其外覆蓋均勻介質塗層之圓柱表面波導。文獻[5]中考慮只有中心金屬圓柱與週期性皺褶結構，而沒有外面的介質塗層之圓柱表面波導。以上所討論的皺褶皆為一維的矩形，其變化較少。

本計畫所探討的柱面微帶傳輸線結構，其微帶傳輸線皆位於結構最外層，往內則為多層之介電質；中心處接地面具漸變型週期性結構以及雙週期結構。此外，對於接地面為均勻導體，而微帶線具週期性變化之結構(例如弦波變化、鋸齒波變化等)，亦將一併進行研究。目前，這樣的結構較少人研究，相關文獻也較少見。除了以模態匹配法來解析之外，為了配合較複雜結構之研究，我們亦將利用以有限元素法理論寫成之現有的模擬軟體(例如 HFSS)來做模擬與數值計算。我們希望不僅是以解析與數值計算方法，來分析其特性，同時還針對此種結構傳播特性背後的物理機制進行探討。

2. 研究目的

對於本計畫中之研究項目，我們希望除了模擬與數值計算，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，我們也將探討接地面具週期性皺褶結構、雙週期皺褶結構以及接地面為均勻導體而微帶線具週期性變化之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三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 $\epsilon_r = 2.0$ ，結構週期 p 為 0.6 ，皺摺深度 d 為 0.05 ，介質厚度 h 為 0.2 ，內金屬半徑 d_0 為 0.3 ，Floquet modes 為 55，parallel-plate modes N_1 為 28 或 1 為例來模擬圖 1(b)步階皺摺寬度 w 對傳播特性的影響。如圖 2 所示相位常數與衰減常數會隨著 w 的增加而增加，分別在

$w/p=0.26$ 與 0.36 達到最大值後隨 w 增加而減少。由圖 2(b)可知，對於較深的皺摺結構，其不連續現象越強，因此將形成較強的反射波，致會有較大的衰減常數。

除了研究圖 1(b)步階皺摺寬度 w 對傳播特性的影響外，我們亦研究圖 1(a)結構中金屬圓盤間距 s 與皺摺深度 d 及圖 1(c)結構中金屬圓盤間距 w 對第一禁帶特性的影響。如圖 3 所示為金屬圓盤間距 s 效應之模擬結果(其餘因為篇幅關係沒有放入)。對於較窄的圓盤間距 s 而言，整個波導結構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，且形成較寬的禁帶頻寬及較大的衰減常數結果，如圖 3 所示。

此外，對於如圖 4 所示之接地面為均勻導體，而微帶線具週期性弦波變化之結構，我們亦加以探討。我們以相對介電常數 $\epsilon_r = 3.0$ ，介質厚度 $h = 0.75$ mm，圓柱金屬半徑 $r = 7.25$ mm 為例來模擬柱面微帶傳輸線具週期性變化之 S 參數，模擬結果如圖 5 所示。由圖 5 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與串接段數成正比。結果亦顯示弦波變化結構之傳輸線比鋸齒波者為大，因此有效介電常數($\epsilon_{\text{eff}} = (k_z/k_0)^2$)較大。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，且形成較寬的禁帶頻寬及較大的衰減常數。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。因而此種結構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，所探討之漸變式週期性結構具有降低通帶連波及增加禁帶寬度的優點，而雙週期性結構可產生較大之禁帶寬度優點，可供非平面微波濾波器之

應用設計參考。本研究之成果已有一篇論文為國際論文發表會所接受及一篇期刊論文為 IEICE 期刊有條件接受，並已修改再送審中。投稿論文如下：

1. Chin-Jui Lai, Ching-Her Lee, Chung-I G. Hsu, and Jean-Fu Kiang, "Propagation Analysis of Circular Surface Waveguides with a Periodically Corrugated Ground Plane," IEICE Transactions on Electronics, 2005. (in revision)
2. Chin-Jui Lai, Ching-Her Lee, Chung-I G. Hsu, and Jean-Fu Kiang, "Guidance Properties of Circular Waveguides Loaded with Periodic Metal Disks," APEMC 2005, Taipei, Taiwan.

References

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] C. W. Lee and J. P. Kim, "Radiation characteristics of corrugation loaded dielectric-coated conducting cylinder," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 51, no. 6, pp. 1321-1330, June. 2003.
- [5] R. E. Collin, Field Theory of Guided Waves, 2nd, New York:IEEE Press 1991.
- [6] T. Itoh, G. Pelosi, and P. P. Silvester, Eds., Finite Element Software for Microwave Engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.

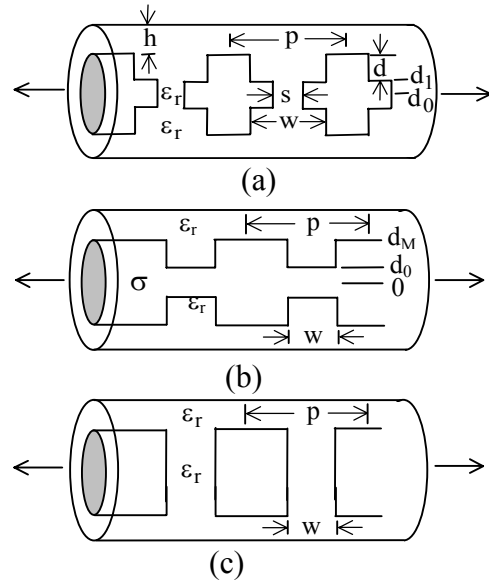
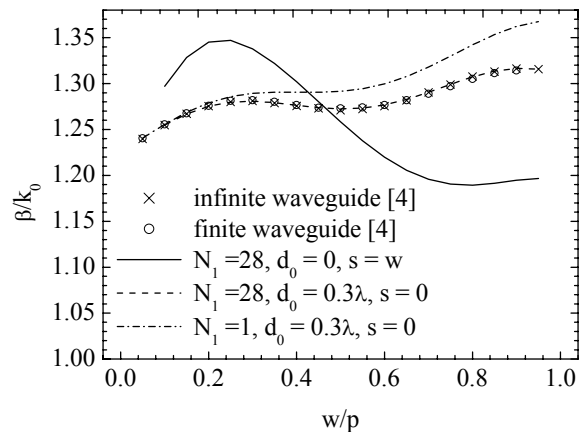
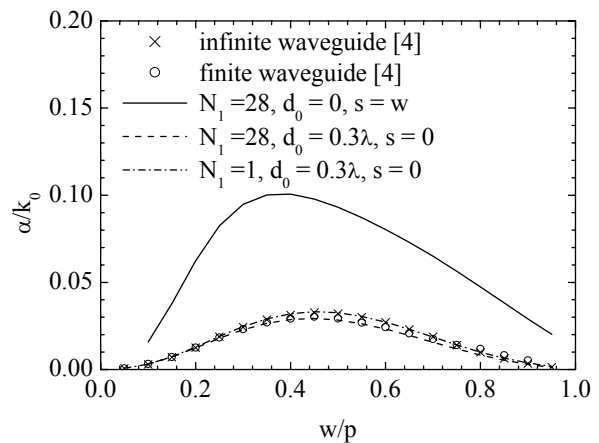


圖 1、週期性圓柱波導中心加載(a)金屬突出物的圓盤導體、(b)步階皺摺導體及(c)一般金屬圓盤時之結構圖。

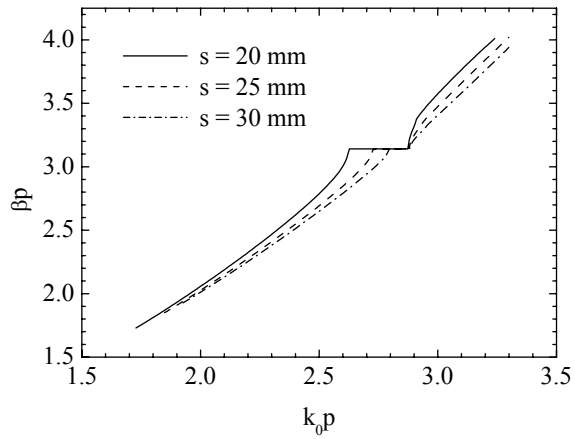


(a)

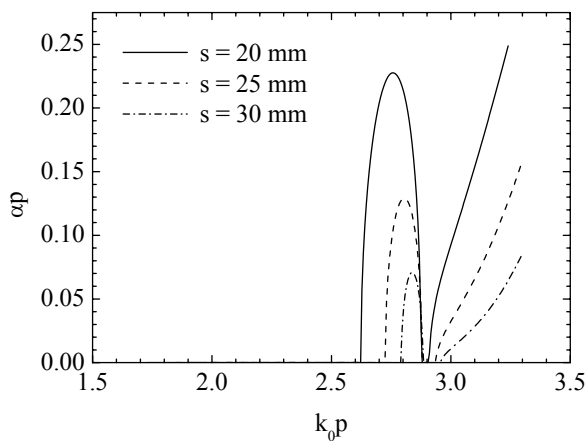


(b)

圖 2、步階皺摺寬度對傳播特性的影響，(a) 相位常數，(b) 衰減常數。

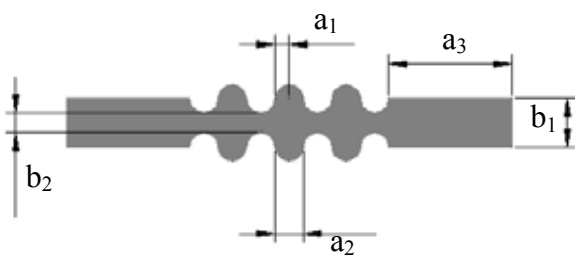


(a)

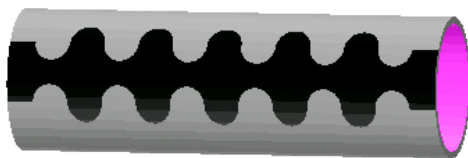


(b)

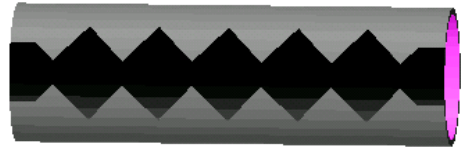
圖 3、金屬突出物的圓盤導體間距 s 對第一禁帶特性的影響。(a) 相位常數，(b) 衰減常數。



(a)

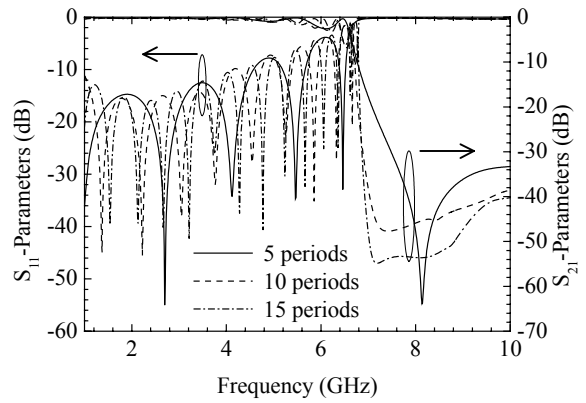


(b)

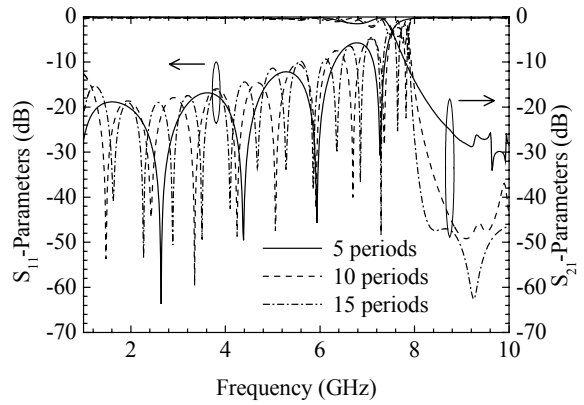


(c)

圖 4、柱面微帶傳輸線具週期性弦波變化之 (a) 結構圖、(b) 弦波狀微帶線實體圖及 (c) 鋸齒狀微帶線實體圖。其中 $a_1 = 2 \text{ mm}$ 、 $a_2 = 4 \text{ mm}$ 、 $a_3 = 3 \text{ mm}$ 、 $b_1 = 6.77 \text{ mm}$ 且 $b_2 = 2.77 \text{ mm}$ 。



(a)



(b)

圖 5、柱面微帶傳輸線具週期性變化之 S 參數模擬結果。(a) 弦波變化及 (b) 鋸齒波變化。

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：94年10月31日

<p>國科會補助計畫</p>	<p>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 計畫主持人：李清和 計畫編號：NSC 93-2213-E-018-006 學門領域：電信學們</p>
<p>技術/創作名稱</p>	
<p>發明人/創作人</p>	<p>李清和</p>
<p>技術說明</p>	<p>中文：</p>
	<p>英文：</p>
<p>可利用之產業 及 可開發之產品</p>	
<p>技術特點</p>	
<p>推廣及運用的價 值</p>	

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