

「毫米波電路與天線 II」子計畫一：單面被動組件 (3/3)

Uniplanar Passive Components (3/3)

計畫編號：NSC 89-2213-E-002-047

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：陳俊雄 國立台灣大學電機工程學系教授

E-mail : chchen@ew.ee.ntu.edu.tw

一. 中文摘要 (關鍵詞：單面組件、 雙平衡混波器。)

本計畫的目標為：研發三種關鍵性的單面組件 (即轉接器、濾波器、混波器)，以提升國內毫米波單晶積體電路之技術。本研究內容包括：設計用等效電路模型的建立，分析用電腦軟體程式集的完成，再結合理論分析與實驗量測，進行單面轉接器、濾波器、及混波器各種特性之詳盡探討。

本 (第三) 年度研究，將統合前二年成果，以共面波導至共面帶線轉接當作平衡器，以共面帶線低通與高通濾波器當作雙工電路與直流截止，來提升混波器的端對端阻隔效應，減少訊號間的干擾，並進而設計與製作出一個新的單面型雙平衡混波器。它的轉換損耗自 6dB 至 10dB，LO 至 IF 與 LO 至 RF 的阻隔，分別大於 30dB 與 20dB，而 LO 埠與 IF 埠的頻寬，也分別為 10 GHz 至 35 GHz 與 0.1 GHz 至 5 GHz。

為方便混波器的設計工作，本研究特提出一等效電路模型，其元組件均可由簡便的近似公式推得，因此可輕易從事設計與模擬工作。而所得模擬結果與量測結果的吻合，不僅驗證等效電路模型的正確性，而且還顯現所提設計過程的實用性。

Abstract (Keywords: Uniplanar components, double-balanced mixer.)

The purpose of this investigation is to develop and study three uniplanar components (i.e., transitions, filters, and mixers) for monolithic millimeter-wave integrated circuits. The goal is to establish equivalent-circuit models for practical design and associated computer software for theoretical analysis. In this study, various properties of uniplanar transitions, filters, and mixers are carefully examined, both theoretically and experimentally.

In this third-year research, the previously established uniplanar components are combined to implement a mixer. Specifically, by adopting the coplanar waveguide-to-coplanar stripline transitions as baluns as well as coplanar stripline low-pass and high-pass filters as diplexer circuit and DC blocking, respectively, a novel uniplanar double-balanced mixer is designed and implemented. The proposed mixer has conversion loss ranging from 6 dB to 10 dB, LO-to-IF and LO-to-RF isolations greater than 30 dB and 20 dB, respectively, and also provides broader LO and IF bandwidths of 10-35 GHz and 0.1-5 GHz, respectively.

For mixer design purpose, we also establish an equivalent-circuit model whose elements are calculated by the closed-form approximation formulas hence the model can easily be implemented into CAD packages. In this study, results based on CAD models and measurements are presented, and good agreement among these results not only validates the usefulness of the equivalent-circuit models but also verifies the proposed CAD procedure.

二. 計畫緣由與目的

單面單晶微波積體電路 (Uniplanar monolithic microwave integrated circuit) 的構想, 首由 Hirota 及 Ogawa 等人提出[1]。單面電路的元、組件及導體, 僅佔用基板的單一平面, 而具有以下的優點: 串聯與並聯主、被動元、組件容易, 易於加接直流偏壓, 基板不需打洞也不會太薄, 因此可簡化積體電路的製程, 大幅降低電路的價格。

儘管單面積體電路的發展潛力, 已受微波及毫米波學界的注意, 並開發出一些關鍵性的單面元、組件, 但研發工作仍在起始階段。回顧過去有關單面元、組件方面的研究, 僅有一些原型結構的提出, 且大部分研究工作均以實驗為主, 故仍有眾多理論分析工作尚待進行, 尤其尚缺各種單面元、組件的設計用軟體工具, 這些是單面積體電路之開發過程中, 急待解決的課題。

本子計畫為配合總計畫開發「毫米波電路與天線」的總目標, 擬以「單面被動組件」(Uniplanar passive components) 的研發為目標, 並於三年內, 分年進行「單面轉接器」

(Uniplanar transitions)、「單面濾波器」(Uniplanar filters)、及「單面混波器」(Uniplanar mixers) 的開發及深入探討工作, 研究上理論分析與實驗量測並重, 期能建立相關單面組件的等效電路模型及分析用軟體工具, 供國內研發單位及業者的應用。

三. 研究方法與結果

本年度研究重點為: 開發一種新的單面型雙平衡混波器, 其佈局電路如圖 1(a) 所示。此混波器含: 4 個二極體、3 個共面波導至共面帶線轉接, 1 個共面帶線高通濾波器、及 1 個共面帶線低通濾波器, 這些元組件均置於 alumina 基板上。

所用二極體型號為 Metalics MSS-30, 它具有 0.07 pF 的接觸電容及 15Ω 的串聯電阻。高通濾波器由指叉電容器所構成, 它可改善 LO 端的匹配, 也具有直流截止的作用。低通濾波器則由指叉電容器及螺旋電感器所構成, 它可降低 LO 及 RF 端至 IF 端的漏失效應, 改善 IF 端的匹配, 因此可減少混波器的轉換損耗。

為方便設計工作, 本研究亦提出一簡便的等效電路模型如圖 1(b) 所示, 此電路模型可細分為 4 部分。共面波導至共面帶線轉接部分之等效電路, 係由均勻及非均勻傳輸線串接而成 [2]; 高通及低通濾波器之等效電路, 係由電阻、電感、及電容組合而成 [3]; 二極體可用 HP EEsosoft 電路軟體加以模擬。將以上各部分電路加以整合, 則得混波器之等效電路模型如圖 1(b)。

本研究應用圖 1 (b) 之等效電路模型，來模擬圖 1 (a) 之單面型雙平衡混波器，再用 HP EEsof 之諧衡模擬軟體 (Harmonic balance simulator)，來計算混波器之轉換損耗，最後用實驗量測方式，來驗證等效電路模型的正確性，而代表性結果如圖 2 與圖 3 所示。

圖 2 示轉接損耗與 LO 頻率的關係圖，此模擬結果與量測結果的吻合，可驗證等效電路模型的可用性。圖 3 則呈現 LO 至 RF 以及 LO 至 IF 的阻隔 (Isolation) 效應，在 5 至 35 GHz 的頻率範圍內，其阻隔值分別大於 30 dB 與 20 dB。

四. 結論與討論

本研究率先提出一種新的單面型雙平衡混波器 (圖 1 (a))，而組合此混波器的主要成分有：二極體、共面波導至共面帶線轉接，以及共面帶線高通與低通濾波器。為方便混波器之設計，本研究亦提出一簡便的等效電路模型 (圖 1 (b))，進行混波器的設計、研製、量測、及詳盡的模擬工作，而這些結果的比較，也支持此等效電路模型的可用性。

五. 參考文獻

[1] T. Hirota, Y. Tarusawa, and H. Ogawa, Uniplanar MMIC hybrids—a proposed new MMIC structure, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 35, pp. 576-581, June 1987.

[2] S. G. Mao, C. T. Hwang, R. B. Wu, and C. H. Chen, Analysis of coplanar waveguide-to-coplanar stripline transitions, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 48, pp. 23-29, Jan. 2000.

[3] S. G. Mao, H. K. Chiou, and C. H. Chen, Modeling of lumped-element coplanar-stripline low-pass filter, *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, pp. 141-143, March 1998.

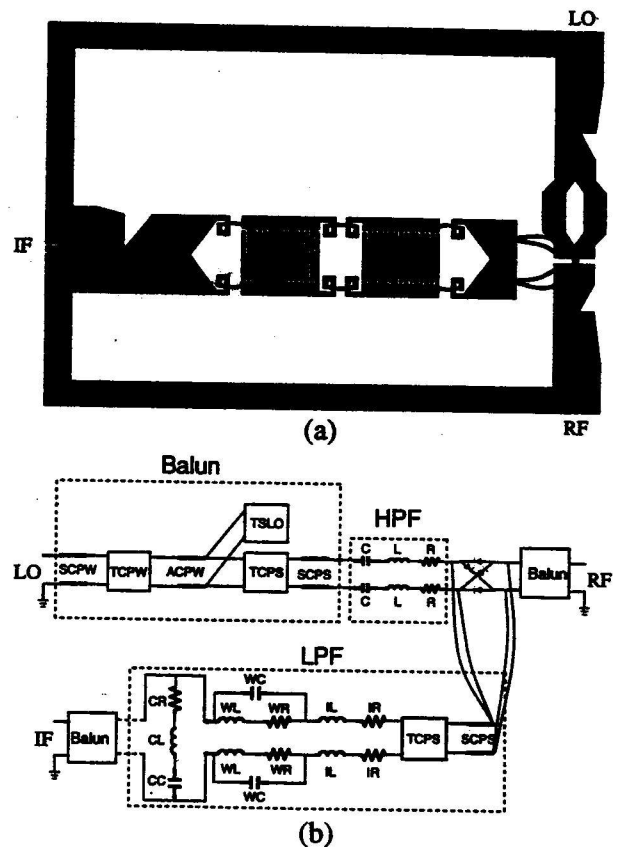


圖 1. 單面型雙平衡混波器，(a) 佈局電路，(b) 等效電路模型。

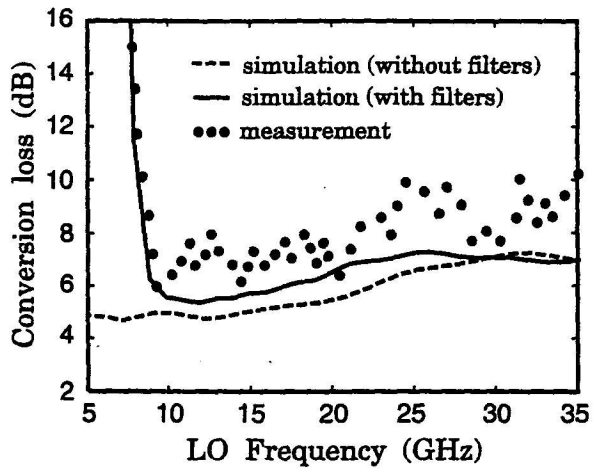


圖 2. 轉換損耗之量測與模擬結果。

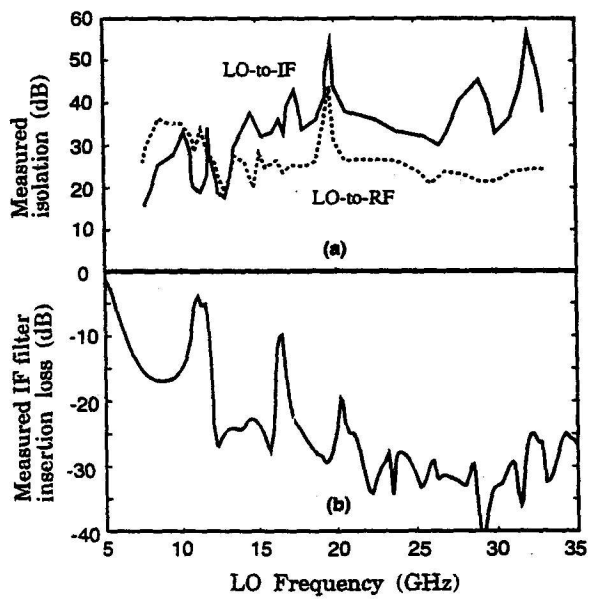


圖 3. (a) LO 至 RF 及 LO 至 IF 之量測阻隔值，
(b) IF 濾波器之量測插入損耗值。