

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

微機電微波元件之研究總計畫

計畫編號：NSC89-2218-E-002-021

執行期限：88/08/01-89/07/31

主持人：張培仁 國立台灣大學應用力學研究所教授

一 中文摘要

(關鍵詞：微機電系統、V 形谷空橋閘極、磷化銦鎵、異質接面場效電晶體、微帶天線、微波通訊、可調式微波衰減器、固定相位)

本研究計畫之研發目標為利用微機電技術設計、分析、製作及量測微波元件。在三五族方面，我們提出了一種名為（V 形谷空橋閘極）的新型閘極結構，這種閘極結構利用了砷化鎵的非等向濕蝕刻特性，僅以單層光阻與常用的 1 微米接觸式光學微影技術，就可以製作出具有大閘極橫截面的次微米閘極。在天線部分則提出一系列可調變頻且製程簡單之天線架構，這些天線的特點是：1.可調整天線的波束 2.可增加頻寬，即便是使用共面波導元件 3.操作頻率可調 4.製程簡單。而衰減器方面則是利用九十度的耦合器電路加上電阻，達成相位固定衰減量可調之目的。

Abstract (Keywords: MEMS、 V-groove gate、 InGaP、 HEMT、 Microstrip patch antennas、 Microwave Communication、 Tunable Microwave Attenuator、 Constant Phase)

A gate structure named V-groove Airbridge Gate is firstly proposed. This novel gate, taking advantage of anisotropic V-Groove etching of undoped GaAs, can achieve submicrometer gate length and have large cross sectional area at the same time, employing only one layer of photoresist and common 1-um optical contact lithography.

A series of microstrip patch antennas are proposed. The advantages of these antennas are: 1. Steerable antenna beam 2. Wide bandwidth 3. Tunable working frequency 4. Simple fabrication processes.

The design and process of tunable microwave attenuator are proposed. By the use of 90 degree hybrid and equal resistance, we can get a constant phase and tunable microwave attenuator.

二 計劃緣起與目的

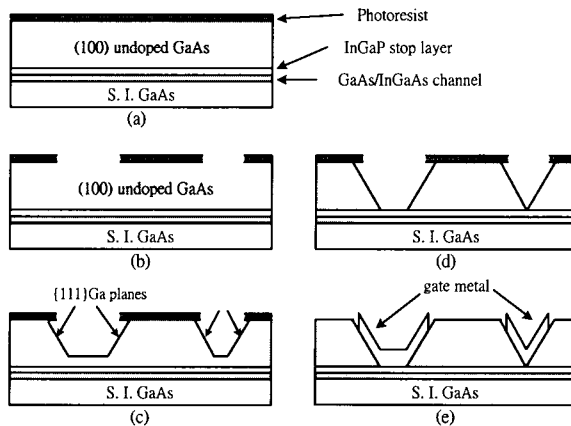
隨著電子業的蓬勃興起，傳統的各種工程技術也不免受其影響，於是出現一種結合半導體、機械、化學、材料與生物等技術的新領域——微機電系統（Micro Electro Mechanical Systems, MEMS）。在過去十年，微機電系統在許多領域中有長足的進步。LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 為一種無線寬頻的區域多點資訊傳輸設備，但是目前所生產的 LMDS 設備皆以非微機電方式製作，倘若能利用微機電的技術來製作便宜的微波元件（如以矽取代砷化鎵基板），則可以大量的提供高頻且寬頻的通訊元件。

三 研究成果

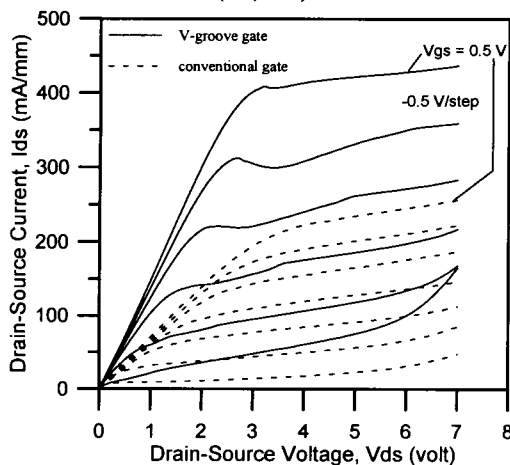
3.1 三五族微機電技術研發及應用

本計劃中，我們提出了一種名為（V 形谷空橋閘極）的新型閘極結構。這種閘極結構利用了砷化鎵的非等向濕蝕刻特性，僅以單層光阻與常用的 1 微米接觸式光學微影技術，就可以製作出具有大閘極橫截面的次微米閘

極。以對於 V 型谷蝕刻之研究為基礎，我們設計了一為實現 V 型谷空橋閘極用的異質磊晶結構，並針對此磊晶結構發展出一最佳化製程方法（詳見圖一）。此製程方法相當簡單且可靠，並具有非常高的良率，這對量產是非常重要的。

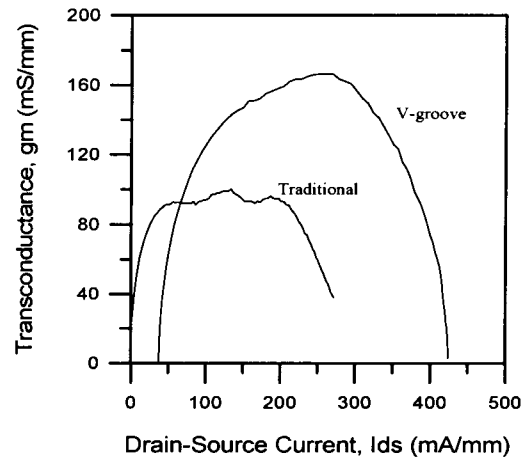


(圖一)



(圖二)

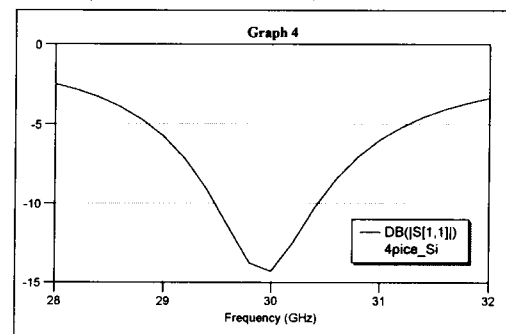
在試製此 V 型谷空橋閘極成功之後，我們將其實際應用於磷化銦鎵/砷化鎵/砷化銦鎵通道摻雜場效電晶體的製作上。同時，我們也以同樣的製程技術在同一異質磊晶結構上製作具傳平面型閘極的通道摻雜場效電晶體以作比較，具 V 型谷閘極的元作均有較佳的表現，包括了較大的轉導值 (166 mS/mm)，較大的通道電流 (260mA/mm，當 $V_{gs} = -0.5$, $V_{ds} = 5V$)，以及較高的電流截止頻率 (13.86GHz)，其詳細之電性如圖二及圖三所示。



(圖三)

3.2 微機電技術製作智慧型微波天線

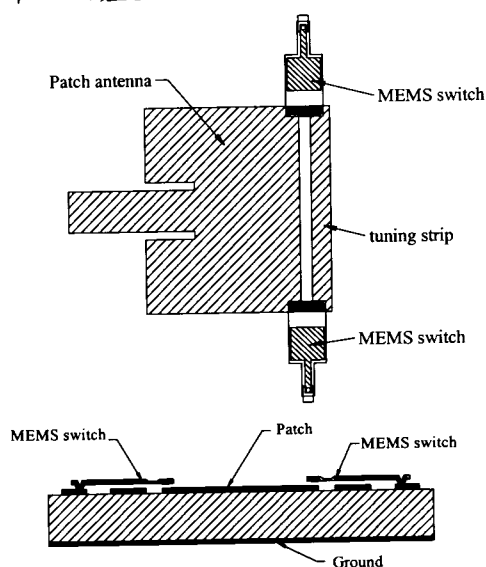
在天線設計方面，找出三個主要變因分別如下所示：(1) Patch 的尺寸 (2) Ground-Layer 處開之 Slot (3) Feedline 的設計上述三個控制參數乃針對單一特性尺寸做較小幅度的改變，使用大量電腦模擬所得的結果，並與其他之天線分析參數的結果相符。雖然單一可控制參數已可確立，但因三個控制參數彼此間之相互作用，使得設計上無法做大幅度修改而預知結果，僅可由小幅修改而得知其變化的驅勢，再將設計值導出。圖四為目前所得之單頻 30GHz 開槽耦合式微帶天線的模擬結果。



(圖四)

變頻微帶天線的結構設計如圖五如示，其主要概念係利用微機電製程製作微帶天線與微型開關，藉由兩者的配合來改變微帶 patch 天線的等效共振長度。當微型開關作動使得調整片與 patch 天線接合時，則相對使得 patch 天線等效共振長度增加，如

此將會獲得比原尺寸較低的共振頻率，而產生一定的頻率變動範圍。



(圖五)

另外適當的調整開關外加的電壓的大小，控制其於 on/off 間的位置高低來改變 patch 與調整片間的耦合情形，亦有改變頻率的效果。

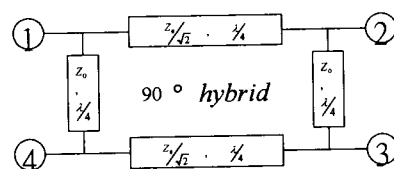
天線製程的部份已完成了 Patch、Aperture、feedline layer，而 Cavity 蝕空的部份由於 KOH Holder 及支持機構方面仍有些許的問題存在，以致蝕刻工作遲遲無法進行，目前正積極改善中。

3.3 微機電微波衰減器之研究

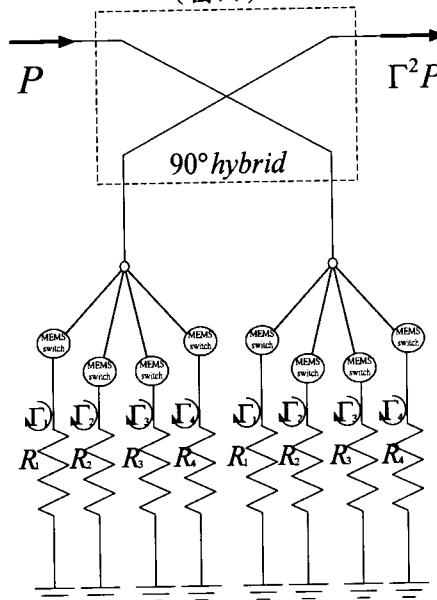
本研究計畫之研發目標為利用微機電技術設計、分析、製作及量測微波衰減器，並期望能將其製程與現有 CMOS 標準製程相容，提昇研究成果的產業價值。

傳輸線之型式選用共面波導 (CPW)，而基板選用高阻質的矽基板。利用九十度耦合器(如圖六)、與電阻配合微波開關組成微波衰減器(如圖七)。由微波開關控制不同電阻質之切換，可達衰減量之控制而不改變相位。此微波衰減器之衰減量直接與電阻有關，因此若能成功的改變所接之電阻值，則可得到一可調之微波衰減

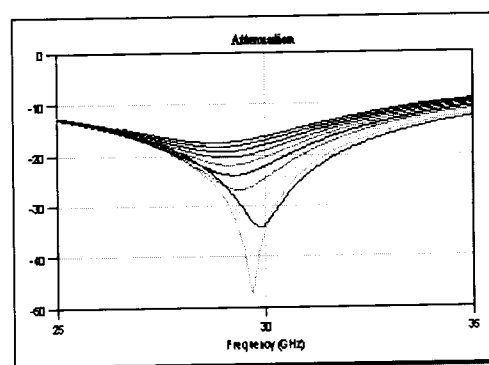
器，而利用微波開關做電阻值的切換，可達成此一目的。



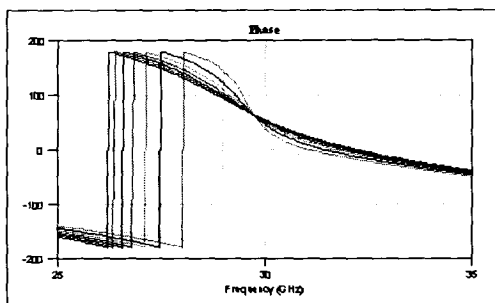
(圖六)



(圖七)



圖八



圖九 3

利用 Microwave Office 模擬此一電路，其衰減量 (port4 之輸出量) 和相位變化分別如圖八與圖九所示。

四 結論與展望

在這一年來，我們提出了 V 形谷空橋閘極結構、可調變頻且製程簡單之天線架構以及固定相位之可調衰減器。在未來的一年，我們將著手製程技術的研發，除了將第一年的設計具體實現外，更為日後的研究奠下前進的基礎。

五 參考文獻

1. H. Fukui, "Optimal Noise figure of Microwave GaAs MESFET's," IEEE Trans. Electron Devices, ED-26(7), pp. 1032-1037, 1979.
2. M. Matsumura, K. Tsutsui and Y. Naruke, "Submicrometre Lift-Off Line with T-Shaped Cross-Sectional Form," Electron. Lett., 17, pp. 429-430, 1981.
3. S. G. Bandy, Y. G. Chai, R. Chow, K. Nishimoto and G. Zdasiuk, "Submicron GaAs Microwave FET's with Low Parasitic Gate and Source Resistances," IEEE Electron Device Lett., EDL-4(2), pp. 42-44, 1983.
4. P. C. Chao, P. M. Smith, S. C. Palmateer and J. C. M. Huang, "Electron-Beam Fabrication of GaAs Low-Noise MESFET's Using a New Trilayer Resist Technique," IEEE Trans. Electron Devices, ED-32(6), pp. 1042-1046, 1985.
5. D. W. Shaw, "Localized GaAs Etching with Acidic Hydrogen Peroxide Solutions," J.

Electrochem. Soc., Vol. 128, No. 4, pp. 874-880, 1981.

6. S. S. Lu and C. C. Huang, "High-Current-Gain Small-Offset-Voltage GaInP/GaAs Tunneling Emitter Bipolar Transistors," IEEE Electron. Device Lett., EDL-13(4), pp. 214-216, 1992.

8. Clark T.-C. Nguyen, "Micromachined Technologies for Miniaturized Communication Devices," SPIE Conf. On Micromachined Devices, Vol. 3514, pp. 24-38, 1998.

9. <http://www.webproforum.com/lmds/>

10. Yongxi Qian and Tatsuo Itoh, "Progress in Active Integrated Antennas and Their Applications," IEEE Transactions on Microwave theory and Techniques, Vol. 46, No. 11, November 1998.

11. Takanari SASATA, Takayuki SHIBATA, Nobuaki KAWAHARA, "In-Pipe Wireless Micro Bobot," Research Laboratories, DENSO CORPORATION

12. I. J. Bahl and P. Bharitia, Microstrip Antennas, Artech House, Dedham, MA, 1980.

13. R. J. Mailoux, J. F. McIlvanna, And N. P. Kernweis, "Microstrip Array Technology," IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 29, 1981, pp. 25-38.

14. J. R. James and P. S. Hall, Handbook of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus, London, 1989.

14. J. Huang, "Microstrip Antennas for Commercial Applications," in Microstrip Antennas: The Analysis and design of Microstrip Antennas and Arrays, D. M. Pozar and D. H. Schaubert, eds., IEEE Press, New York, 1995.

18. A. Ittipiboon, R. Oostlander, Y. M. M. Antar, and M. Cuhaci "A Modal Expansion Method Of Analysis and Measurement On Aperture-Coupled Microstrip Antenna" IEEE Trans. Antennas and Propagation, VOL. 39, NO. 11, NOVEMBER 1991.

21. David M. Pozar, Microwave Engineering , Wiley

22. C. H., Chang, Ph.D. dissertation Microwave Micro Actuators , National Taiwan University, Taipei

23. K. H., Yen, Study on micromachined microwave switches , National Taiwan University, Taipei.