

異質接面電晶體小訊號建模之改進解析法

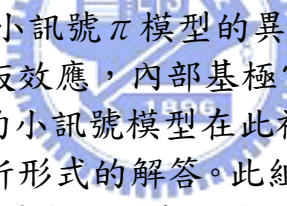
學生：楊天仁

指導教授：胡樹

國立交通大學電子工程學研究所碩士班

摘 要

異質接面電晶體因為其電流為指數形式，相對於金氧半電晶體的平方形式有著更大的放大率以及更高的截止頻率。因此異質接面電晶體更適用於高頻的電路。可惜的是，異質接面電晶體因為結構的複雜。導致於建模以及萃取參數的極大不方便。其中一個內部基極電阻以及寄生基極-集極電容的效應可以說是在萃取參數最麻煩的一部份。



本論文列出了使用小訊號 π 模型的異質接面電晶體其萃取參數的推導過程。加入了基板效應，內部基極電阻以及寄生基極-集極電容效應後，一個更完整的小訊號模型在此被提出。透過數學的推導，我們可以演繹出一組解析形式的解答。此組公式不只解決了內部基極電阻以及寄生基極-集極電容的效應，更方便於用來萃取異質接面電晶體的參數。不同於晶圓廠可以用大量的測試結構來求出元件的參數，此方法除了原件本身只需要用一個大家都會用到的開路測試結構，因此不但省下測試結構的數目更省下大量的量測成本。

透過實驗的量測跟模擬的結果比對，數字的吻合確定了新的公式是可行的方法。參數的公式解不止可用於萃取小訊號模型的參數，更可以求出大訊號模型的相對應的參數。這樣對於了解異質接面電晶體物理的參數以及大訊號模型的建立有很大的幫助。

An Improved Analytical Approach
On The Determination of HBT's Small-Signal Pi Modeling

student : Tian Ren Yang

Advisor : Dr.Shu-I Hu

Institute of Electronics Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

This thesis details the derivation procedure used in determining HBT's small-signal parameters where Pi model is employed. With close-form expressions for the transistor's external base-collector capacitor and its base spreading resistor now developed, an improved approach for determining HBT's small-signal Pi model is thus proposed. Since only one additional test structure is needed to find out the contact pads' parasitics, this revised analytical approach is simple, yet efficient.

誌 謝

此論文的完成感謝Professor Pin Su了解我對RF的研究興趣而推薦我於Professor Robert Hu 的門下，讓我得到該領域更多的知識。

感謝Robert良師益友般的指導，以及謝謝您可口的咖啡。

感謝威盛電子何志龍經理，蔡明霖先生，楊順成先生，高榮穗先生，楊智升先生於量測儀器的提供，知識的分享，以及在威盛電子期間的照顧。

感謝308實驗室，汪大暉實驗室93級全體同學以及張世鵬同學，陳冠豪同學，李得瑋同學，李薇同學的各種幫忙。



目 錄

中文提要	異質接面電晶體小訊號建模之改進解析法	i
英文提要	An Improved Analytical Approach On The	ii
	Determination of HBT's Small-Signal Pi Modeling	
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖目錄	.....	v
符號說明	.....	vi
一、	INTRODUCTION.....	1
二、	HBT SMALL-SIGNAL PI MODELING.....	4
三、	CONCLUSION.....	14
REFERENCES	.....	15
個人簡介	.....	17



圖 目 錄

Fig. 1	HBT's small-signal Pi model where the substrate network consists of C_{sub1} , C_{sub2} and R_{sub} .	2
Fig. 2	The HBT under test.	3
Fig. 3	Saturated HBT for the determination of R_e , R_b and R_c .	5
Fig. 4	Reverse-biased HBT for the determination of substrate network.	7
Fig. 5	Reverse-biased HBT where the substrate network and R_e have been de-embedded for the purpose of determining C_{ext} .	8
Fig. 6	R_{bb} and the intrinsic transistor in normal bias.	10
Fig. 7	Measured and simulated trans-conductance.	12
Fig. 8	Measured and simulated S-parameters of the normal-biased HBT.	13



符 號 說 明

R_b	: the base resistors
R_e	: the emitter resistors
R_c	: the collector resistors
R_{bb}	: the base spreading resistor
τ_1	: transit time parameter
τ_2	: transit time parameter
G_{m0}	: DC transconductance
R_{ce}	: High frequency output resistor
C_{ce}	: output capacitor
R_{be}	: base-emitter resistor
C_{sub1}	: the buried oxide capacitor
C_{sub2}	: the substrate capacitor
R_{sub}	: the substrate resistor

