國　立　交　通　大　學

電子物理學系電子物理研究所

碩 士 論 文

利用區域性應力通道提高電子遷移率之 n 型金氧半場效電晶體

Strain Dependence of Mobility Enhancement in Local Strained Channel nMOSFETs

研 究 生 ： 呂宗宜

指導教授 ： 趙天生 博士

中華民國 九 十 三 年 六 月

利用區域性應力通道提高電子遷移率之 n 型金氧半場效電晶體

Strain Dependence of Mobility Enhancement in Local Strained Channel nMOSFETs

研 究 生：呂宗宜　　Student：Tsung-Yi Lu

指導教授：趙天生　博士　　Advisor：Dr. Tien-Sheng Chao

國 立 交 通 大 學

電子物理學系　電子物理研究所碩士班

碩 士 論 文

A Thesis
Submitted to Institute of Electrophysics
National Chiao Tung University
In Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
In
Electrophysics

June 2004
HsinChu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十三 年 六 月

摘要

在本篇論文的研究中，我們利用控制電子通道中應力的技術來製作 n 型金氧半場效應電晶體，電子通道中應力的主要來源是利用在元件製作完成後覆蓋一層 SiN 薄膜，利用 SiN 薄膜本身具有的高應力特性來控制電子通道中應力的大小，進而達到改善電子遷移率的目的，我們可以經由控制不同厚度的 SiN 薄膜達到對電子遷移率不同程度的改善，另一方面，元件的起始電壓也可以經由改變 SiN 薄膜的厚度來做調整，增加元件的應用範圍。此外，我們利用非晶矽及複晶矽兩種堆疊的結構來製作元件的閘極，這種結構的優點主要是可以增加電子通道中應力的大小，使電子遷移率的增加幅度能夠更加顯著，我們發現同時利用閘極堆疊結構及在元件覆蓋 SiN 薄膜這兩種方式，可以有效提昇元件的電流驅動能力達 17%，我們相信利用控制電子通道中應力的大小來改善電流驅動能力在未來 CMOS 元件技術的發展上將扮演非常重要的角色。

Strain Dependence of Mobility Enhancement in

Local strained Channel nMOSFETs

Student: Tsung-Yi Lu Advisors: Dr. Tien-Sheng Chao

Department of Electrophysics & Institute of Electrophysics

National Chaio Tung University

Abstract

A local strained channel nMOSFETs has been fabricated by a stress control technique utilizing a strained poly silicon gate. It utilizes heavy mechanical stress produced by SiN-capping layer. We experimentally demonstrate the improvement of current drivability of nMOSFETs with control the stress to the channel region. The drain current is improved 17% compared to that of the conventional devices. The current drivability can be enhanced by controlling the thickness of SiN-capping layer. We believe that the performance changes are caused by changes of the electron mobility. We also demonstrated the threshold voltage can be tunable with different thickness of the SiN layer. Moreover, the stack of amorphous and poly silicon gate is estimated to increase the strain in the channel region more than the single-poly-silicon gate structure. We found that the strain dependence of mobility enhancement will become significant by using both SiN-capping layer and stack of amorphous silicon gate structures.

誌謝

僅以此論文獻給我的父母及家人，感謝他們在我一度迷失人生方向時扶持我繼續向前，支持與鼓勵我順利完成學業。

我要特別感謝指導教授趙天生博士的指導與教誨，受教於趙教授這兩年期間，讓我在獨立思考及專業知識上都有所成長，其創新與嚴謹的研究精神更是令人印象深刻，謝謝他對我的細心指導與鼓勵，在此致上我最高的敬意。

我也相當感謝我的大學老師葉義生博士及吳坤憲博士，啟發及引導我進入半導體領域，感謝他們對我的教導及協助，我銘感五內。

此外，我也非常感謝李耀仁學長在專業知識及量測技術上給我的一切協助與指導，同時也感謝林育信、吳家豪、羅文政及郭伯儀學長在這段期間給我的關懷與協助，在此表達我的感激。

我也相當感謝國家奈米元件實驗室巫振榮先生及彭馨誼小姐在製程技術上給予我的一切協助與支援，並感謝所有曾經幫助我的前輩們，讓我能順利完成實驗工作。

感謝與我一起走過這段日子的研究夥伴，吳明勳、黃宗彬、謝松齡、湯乾紹及何佩倉以及實驗室的學弟妹們，感謝他們這段時間的陪伴與鼓勵，我會永遠銘記在心。

最後，我非常感謝林珀延小姐在這些年來對我的關懷與扶持，謝謝她一路陪我走過漫長的求學生涯並陪我渡過重重難關，願將這份榮耀獻給她及我最親愛的家人。

呂 宗 宜

誌于 風城交大 2004

Contents

Figure captions

Chapter 2

Chapter 3