

# 李志坚文集

(上)



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 李志坚文集

(上)

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本文集共三册,其中收集和整理了李志坚院士自上个世纪60年代到2007年间,不同时期发表的部分重要论文,其内容涉及微电子技术发展战略展望、半导体器件物理、集成电路技术、系统集成技术等方面。在50余年的科研与教学生涯中,李志坚院士长期坚持在第一线从事科学研究工作,并以其特有的睿智和对新技术的敏锐把握,与其合作者发表了大量的学术论文,对微电子科学与技术的发展作出了重要的贡献。

本书可以作为高等学校信息技术及微电子专业师生的参考书,也可供相关研究领域的科研技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

李志坚文集.上/李志坚著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-027090-0

I. 李… II. 李… III. 电子技术-文集 IV. TN-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第051104号

责任编辑:刘红梅 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

**科 学 出 版 社** 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年5月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年5月第一次印刷 印张:110 3/4 插页:8

印数:1—1 100 字数:1 736 000

定 价:360.00元(上中下)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

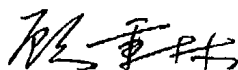
# 序 一

在清华大学 99 周年校庆之际，我校微电子学科的主要创始人和奠基人之一——李志坚院士的文集正式出版，无论是对于回顾和总结李志坚院士几十年来的学术成就，还是对于鞭策和促进我校乃至国内微电子学科的发展，都确实是一件意义深远、可喜可贺的大事！

李志坚院士的人生历程，与中国微电子学科的发展进程、与清华大学微电子学研究与发展成就，息息相连。他从上世纪 50 年代中期留学苏联时就开始从事半导体物理研究。1958 年留学归国后，在国内积极开拓微电子学相关领域的科学研究和人才培养。他和南德恒教授等带领一批青年教师，从无到有、从小到大，在我校建成并发展了国内第一个工科半导体专业，并在此基础上，于上世纪 80 年代初成立了清华大学微电子学研究所，他先后担任过副所长、所长十余年。李志坚院士在微电子学领域兢兢业业奋斗了半个多世纪，在上世纪 50 年代后期曾提出以硅技术作为本专业的主要研究方向，70 年代末又坚持了以 CMOS 集成电子学带动整个学科发展，这两次学术方向的择决，对清华大学微电子学科的持续发展并努力保持在国内前列，具有重大意义。在迄今 50 余年的研究和教学生涯中，李志坚院士培养了一大批活跃在国内外微电子学领域的人才，发表了大量高水平的研究成果。这部文集中收录的 236 篇论文，就是李志坚院士丰硕科研成果的一个缩影。

近百年来，清华大学之所以能够为国家的经济与社会建设以及人类科学技术的发展作出重要贡献，最关键的就在于具有李志坚院士这样的一批奉献于教书育人和科学研究事业的学者、大师。李志坚院士学识渊博，精益求精，待人随和，严于律己。从这部著作所收录的论文可以看出，李志坚院士在年逾七旬、八旬高龄后，仍然工作在科研和教学的第一线，并始终关注着微电子学科的战略发展。从李志坚院士和许多老专家、老学者身上，我们深切地感受到他们热爱人民、服务社会的爱国情操；一丝不苟、严谨治学的求实态度；不断探索、勇于钻研的创新勇气；诲人不倦、教书育人的奉献精神。在清华大学创建世界一流大学的历史进程中，这些都是激励我们开拓创新、发奋图强、不断进取、力创佳绩的宝贵财富。

在《李志坚文集》付梓出版之际，衷心祝愿李志坚院士健康长寿、学术生命之树常青！



2010 年 3 月于清华园

## 序 二

在杨振宁先生为《黄昆文集》写序的时候，他用了《黄昆 1947 年 4 月 1 日给杨振宁的信》作为代序，并说：“这封信很有意思。它描述了他（和我）做研究生时候的一些企求与失望心态，也描述了他对导师 Mott 的评价。关于 Bernard Shaw 的一段话也非常有意思。相信物理系的研究生会从这封信中得到一些鼓励与启发。”

黄昆的信中，在谈到 Shaw 和 Mott 时，有这样一段话：“我们所缺少的正是哲学（人生哲学）。可是我想如果我们真去翻哲学，一定看有东有西，结果不知所是非，不能得益。但是经过 Shaw 的天才肯定的说出来，我们就可以接受。我们无须去论他意见的正误，只要我们能接受一点就多一点实益。因为我们要哲学，不是为 academic interest，是为 practical value。我们要 a way of life，不管他是不是 the way of life。……我每看见 Mott 一个人所有的 influence，就有感想。真是所谓“万人敌”的人，他由早到晚没有一刻不是充分利用，作自己研究，帮助许多人作研究，organize 各种不同和 Lab 内 Lab 外的专门讨论，参加国家各种 technical committee，……也就是像他这样的少数几个人就支住了整个英国的科学研究。……我觉得只要人能把雄心放在超出自己以外的 Abstraction 上，人格的力量立刻就增加，没有 disillusion 只有 fresh challenge。把 interest 重心一旦倾于个人身上，几乎早晚会觉得这目的太 trivial，一切的 effort 都太不值得。宗教者，革命者生命的丰富不是也在跳出了个人的圈子。”

我和李志坚相识在 1958 年，当时他刚从苏联学习回国。在此后 52 年的教学科研生涯里，他的工作从器件物理、集成电路技术到系统集成技术；从半导体材料、半导体器件到微机械传感器；从多值逻辑、模糊逻辑到人工神经网络，几乎覆盖了与固体电子科学技术有关的所有领域。可以说，他的一生是新中国科技工作者的 the way of life，至少是典型的 a way of life。他的科研工作显示了他的力量，正如黄昆给杨振宁信中所说的“只要人能把雄心放在超出自己以外的 Abstraction 上，人格的力量立刻就增加……”。李志坚的“生命的丰富不是也在跳出了个人的圈子”吗？李志坚文集的出版必将超出它科学技术层面的意义，而给新一代青年学子们带来“人格的力量”。

王守觉

2010 年 3 月于北京

## 编者的话

经过近两年的准备,《李志坚文集》终于付梓了,作为李志坚院士的学生,我们在梳理李院士研究成果的同时,重新拜读了先生潜心研究所发表的学术论文,特别是早期的论文,一种敬仰之情油然而生。

在上世纪 50 年代的半导体技术发展初期,在我国经济技术条件相当落后的条件下,李院士对我国半导体硅平面工艺的发展做出过不可磨灭的贡献。“温故而知新,可以为师矣”。今天的微电子技术已发展到了纳米尺度,中国的经济技术环境也今非昔比,但李院士的研究成果所反映出的睿智、创新精神和对新技术的敏锐把握,以及他长期坚持在第一线持续深入地从事科学研究的实干精神与严谨作风,依然是激励晚辈学者的有用教材。从这套文集中也可以看出先生为微电子科学和技术的发展所做出的贡献。

李志坚院士 1928 年 5 月生于浙江宁波,1951 年毕业于浙江大学物理系,1958 年获苏联列宁格勒大学科学副博士学位后回国,在清华大学任教,1985~1993 年间担任清华大学微电子学研究所所长,1991 年当选为中国科学院院士(学部委员)。李院士曾担任国务院大规模集成电路与计算机领导小组顾问委员会委员、国家信息化领导小组专家顾问委员会委员、国务院学位委员会学科评议组成员,以及中国电子学会副理事长、微纳半导体学会名誉副理事长、半导体学会副主任委员等社会职务,为电子信息技术与学术工作的发展做出了重要贡献。他现在仍担任国家科学技术名词审定委员会的委员以及一些学会的名誉职务,还担任《电子学报》、《半导体学报》和《传感技术学报》等期刊的编委。今年仍是国际半导体与集成电路技术学术会议(ICSICT)国际顾问委员会的 Co-Chair(另一位是美国的萨支唐教授),也是国际固态器件与材料学术会议(SSDM)国际顾问委员会委员。

李志坚院士从 1953 年开始半导体物理研究,曾成功地提出薄膜光导体的晶粒电子势垒理论,对中国早期硅器件技术的发展做出了重要贡献;上世纪 60 年代初,先后研制出超纯多晶硅合金硅晶体管和高反压平面晶体管,对 MOS 结构和 Si-SiO<sub>2</sub> 界面物理也有深入的研究。

李志坚院士于 1965 年起开始集成电路的研究,20 世纪 80 年代,他先后研究和领导研制成功 2K 位 EEPROM、16K 位 SRAM、16 位微处理器等 VLSI 芯片。其中,“3 $\mu$ m VLSI 成套工艺技术和集成电路研究”获 1987 年国家科技进步二等奖,“1~1.5 $\mu$ m VLSI-CMOS 工艺及 1M 位汉字库 ROM”获 1995 年国家科技进步二等奖。他参与发明的“超大规模集成电路(VLSI)快速热处理技术和设备”取得中美两国专利,

并获 1990 年国家发明二等奖。

1990 年以来,李志坚院士致力于硅系统集成芯片技术的研究和开发,在 CMOS 电流型模糊逻辑微处理器、利用人工神经网络和模糊决策技术的手写体字符识别器和语音识别器等 VLSI 系统集成芯片研制方面取得一系列成果。作为信息系统的输出-输入接口,他成功地开展了硅基微电机系统(MEMS)的研究,研制出硅微马达、微泵和微麦克风等 MEMS 器件。

李志坚院士是清华大学微电子学科的主要创始人和学术带头人之一,在他的带领下,清华大学建成了国内第一个工科半导体专业,培养了一大批至今仍活跃在微电子学科的人才,对清华大学半导体专业和微电子学研究所的建设和发展做出了很大的贡献。

李志坚院士是我国微电子学的重要奠基人之一,自 1958 年从苏联留学归国后,50 余年来一直工作和奋斗在微电子学领域,他的人生历程,与中国微电子学科的发展进程以及清华大学微电子学研究所的创建和发展息息相关。在多年的科学研究中,李志坚院士获得过陈嘉庚奖(1997 年度)、何梁何利科学与技术进步奖(2000 年度)、国家和部委发明奖及技术进步奖等多项奖励,并获国家级有突出贡献专家和全国劳动模范称号。

本文集收录了李志坚院士(及其合作者)从上世纪 60 年代到 2007 年间不同时期发表的部分重要论文,共 236 篇,以年代为主线,同时按照主题进行了适当的归类,内容涵盖微电子技术发展战略展望、半导体器件物理、集成电路技术、系统集成技术等多方面。

感谢李志坚院士多年研究工作中的合作者们,他们不但与李院士合作,对微电子技术的发展做出了贡献,部分合作者还参与了论文集内容的编辑和整理工作。在本文集的编写过程中,得到了清华大学微电子学研究所众多教师与研究生的协助,杨轶博士、伍冬博士、王晓红博士以及多名研究生参与了文集的校对工作;复旦大学闵昊教授提出了很好的建议并鼎力支持文集的出版。作为责任编辑,科学出版社的刘红梅、杨凯为本文集的出版付出了辛苦的劳动。对此我们深表感谢。在论文的整理过程中,由于时间跨度大以及收集上的困难,有些优秀论文没有收入本文集;还有部分论文由于原稿中一些图表的印刷质量欠佳而不得不放弃收入文集;另外,由于编者水平所限,文集中一些论文的归类也许不一定合适。对此,我们希望在不久的将来,以其他形式得以补充和修正。

王志华 刘理天 蔡 坚

2010 年 3 月于清华园

# 目 录

序一

序二

编者的话

(上)

## 战略展望

微电子技术发展的回顾与展望 .....	3
VLSI 的极限和器件图形微细化 .....	9
集成电路技术的进展与展望 .....	15

## 器件物理

三硫化二锑多晶薄膜的光电导性 .....	25
晶粒间层势垒在硫化铅多晶薄膜光电导中的作用 .....	30
P 型硅 MOS 结构 $C(t)$ 不稳定性研究 .....	36
用 MIS 结构 $C(t)$ 特性同时决定半导体表面层内及体内的少子寿命 .....	45
绝缘衬底上硅膜的激光侧向外延 .....	55
关于 MOS 结构深耗尽 $c(v)$ 特性的转折现象 .....	59
Si/SiO <sub>2</sub> 界面态研究中辅以脉冲和恒定红外光照的脉冲 Q(V) 法 .....	62
硅耗尽层少子产生率的强电场效应 .....	73
瞬态退火注砷硅亚稳态浓度的后热处理特性研究 .....	85
硅耗尽表面准二维系统室温电子隧道能谱 .....	92
MOS 界面态电荷瞬态谱方法 .....	102
FLOTOX 型 EEPROM 存贮管的擦写特性与理论分析 .....	114
MISIS 结构的电特性和 C(V) 研究 .....	123
MOS 器件三维数值模拟 .....	131
氮离子注入形成 Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 埋层构成的 SiO <sub>2</sub> /Si/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /Si 多层结构的研究 .....	138
A Three-Dimensional Analysis Program for MOS Devices and the Virtual Node Method 对 MOS 器件与虚拟节点法的三维分析方程 .....	146



零偏源 MOS 结构的栅电荷弛豫机制及近少子带界面态分布的瞬态谱测定 .....	162
注砷硅快速热退火过程研究 .....	174
Raman Characterisation of Stress in Recrystallised Silicon-on-Insulator 再结晶 SOI 中应力的拉曼谱特征 .....	182
定域 SOI 区熔再结晶研究 .....	187
Laterally Seeded Epitaxy Enhancement in Zone Melting Recrystallisation by Increase of Silicon Film Thickness 通过增加硅层厚度的横向种子外延增强的区熔再结晶 .....	195
一种新的有沟道注入的短沟 MOSFET 的阈电压解析模型 .....	199
Defect-Free Silicon Film on SiO <sub>2</sub> Formed by Zone Melting Recrystallization with High Scanning Speed 高速区熔再结晶形成 SiO <sub>2</sub> 上的无缺陷硅单晶膜 .....	205
亚微米 MOSFET 热载流子退变的二维计算机模拟和分析 .....	216
考虑碰撞电离下的亚微米 MOSFET 的二维数值模拟和分析 .....	223
用沟道产额角分布技术研究硅中超固溶度激活杂质的失活机理 .....	228
快速热退火硅中微缺陷分析 .....	235
漏雪崩应力下热载流子注入引起的 MOSFET 退变特性研究 .....	240
不同应力条件下亚微米 MOSFET's 热载流子退变特性实验研究 .....	246
77K NMOSFET 沟道热载流子注入效应 .....	253
BMHMT-Bi-MOS 混合模式晶体管 .....	258
BMHMT: Device & Model BMHMT: 器件与模型 .....	265
77K Fowler-Nordheim 电子注入和栅氧化层俘获特性研究 .....	269
衬底正偏的 MOSFET 的近似模型 .....	275

## 集成电路技术

MOS LSI 自给衬偏电路的研究与改进 .....	283
T——多值代数及其电路 .....	292
A CMOS Current-Mode High Speed Fuzzy Logic Microprocessor for a Real-Time Expert System 用于实时专家系统的 CMOS 电流型高速模糊逻辑微处理器 .....	295
Analog Transistor Neural Networks Implemented with Floating Gate MOSFET for Binary Image Processing 用于二进制图像处理的浮栅模拟 MOS 管神经网络 .....	305
Single-Chip Realization of a Fuzzy Logic Controller with Neural	

Network Structure (NNFLC)	
具有神经网络结构的模糊控制器的芯片实现 .....	314
✧ 基于模糊逻辑神经网络的智能学习控制研究 .....	322
✧ A Current-Mode Hamming Neural Network	
一种电流模式的汉明神经网络 .....	328
✧ Physical Systems Based on Intrinsic Transistor Characteristics and Having Collective Computational Abilities	
基于本征晶体管特性和具有集合计算能力的物理系统 .....	333
✧ Handwritten Digits Recognition with Neural Networks and Fuzzy Logic	
应用神经网络和模糊逻辑实现手写数字识别 .....	337
✧ Speech Recognition Based on Fuzzy Vector Quantization and Fuzzy Logic	
基于模糊向量离散化和模糊逻辑的语音识别 .....	344
✧ Segment Matrix Vector Quantization and Fuzzy Logic for Isolated-Word Speech Recognition	
用于孤立字识别的扇形矩阵向量离散化和模糊逻辑 .....	351
✧ A Multi-Input Fuzzy Processor for Pattern Recognition	
用于模式识别的多端输入模糊处理器 .....	359
✧ 一种全对称高分辨精度的多端电流型 MAX 门和 MIN 门电路 .....	363
✧ Intelligent Controllers Based on Self-Learning FLNNs (Fuzzy Logic Neural Net- works)	
基于自学模糊逻辑神经网络系统的智能控制器 .....	370
✧ A Comparison of Two Kinds of Memberships and Multifactorial Functions in Fuzzy Logic Speech Recognition	
模糊逻辑语音识别中两种隶属关系和多级因子函数的对比 .....	377
✧ A Modified Hamming Neural Network with Different Thresholds and Multi-Valued Weights	
具有不同阈值和多值权重的改进汉明神经网络 .....	383
✧ 一种模拟集成电路 Hamming 神经网络及其应用 .....	388
✧ A Switched-Capacitor Fuzzy Processor	
一种开关电容模糊控制器 .....	395

## 系统集成技术

✧ 多晶硅应变膜压力传感器 .....	405
✧ A Novel Structure of Pressure Sensors	
一种压力传感器的新型结构 .....	411
✧ 硅盒结构集成 MOS 环振式压力传感器 .....	422

✦ Study of Fabrication Process of a Micro Electrostatic Switch and Its Application to a Micromechanical V-F Converter 微型静电开关的制作工艺研究和它在 V-F 转换器中的应用 .....	427
✦ An Array Tactile Sensor with Piezoresistive Single-Crystal Silicon Diaphragm 基于压阻单晶硅膜的触觉传感器阵列 .....	432
✦ 微多晶硅梁开关振荡器 .....	439
✦ An Array CMOS Magnetic-Field Sensor 阵列式 CMOS 磁场传感器 .....	446
✦ 一种结构改进了的硅基微静电马达 .....	451
✦ 一种硅基集成微晃动马达 .....	455
✦ 硅基微静电马达 .....	459
✦ 微机械梁内应力测量方法的研究 .....	464
✦ Study of Methods for Measuring Mechanical Properties of Thin Films in Microelectromechanical Systems (MEMS) 微机电系统中薄膜机械特性的测量方法研究 .....	473
✦ The On-Chip Detection of Micromotor Rotational Speed 微马达转速的片上检测 .....	477
✦ New Methods for Measuring Mechanical Properties of Thin Films in Micromachining: Beam Pull-In Voltage ( $V_{PI}$ ) Method and Long Beam Deflection (LBD) Method 微加工中薄膜机械特性测量的新方法:梁牵引电压法和长梁挠曲法 .....	484
✦ 压力传感器温度漂移补偿的一种新方法 .....	496
✦ A Silicon-Based Integrated Micromotor 一种硅基集成微马达 .....	501
✦ A New Approach to Convex Corner Compensation for Anisotropic Etching of (100) Si in KOH (100)硅 KOH 各向异性腐蚀中凸角补偿的新方法 .....	506
✦ Design and Fabrication of Silicon Condenser Microphone Using Corrugated Diaphragm Technique 应用纹膜技术的硅电容麦克风的设计与制作 .....	512
✦ 纹膜结构用于电容式硅微麦克风的研究 .....	526

(中)

**战略展望**

✦ 21 世纪微电子技术发展展望 .....	537
------------------------	-----

铁电-硅微集成系统 .....	542
用于通信领域中的 MEMS 器件 .....	550
硅基铁电信息存储技术 .....	557
微麦克风的研究及展望 .....	563
从微电子学到纳电子学——电子科学技术的又一次革命 .....	568

## 器 件 物 理

深亚微米沟道 $\delta$ 掺杂 NMOSFET 结构特性和设计 .....	577
超薄氮氧化硅( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ )栅 NMOSFET 中 GIDL 效应的研究 .....	583
Self-Heating Effect in SOI MOSFET's SOI MOSFET 自加热效应的建模 .....	589
Optimization of MOSFET's with Polysilicon-Elevated Source/Drain 多晶提升源漏的 MOSFET 的优化 .....	592
A Novel Drain/Source on Insulator (DSOI) Structure to Fully Suppress the Floating-Body and Self-Heating Effects 一种新型的全抑制浮体和自加热效应的 DSOI 结构 .....	595
深亚微米 PESD MOSFET 特性研究及优化设计 .....	601
包含多子带结构的 MOS 器件开启电压量子力学效应修正模型 .....	607
包含自加热效应的短沟道 SOI MOSFET 直流模型 .....	614
A Discussion on the Universality of Inversion Layer Mobility in MOSFET's MOSFET 反型层迁移率的普适性讨论 .....	620
深亚微米 MOSFET 短沟效应的变分法分析 .....	626
量子化效应对深亚微米 MOSFET 亚阈区特性的影响 .....	633
亚微米及深亚微米常规和 LDD MOSFET 性能研究 .....	638
亚 $0.1\mu\text{m}$ 栅衬互连体硅 MOSFET 特性研究 .....	644
MOSFET 衬底电流模型在深亚微米尺寸下的修正 .....	651
Effective Density-of-States Approach to QM Correction in MOS Structures MOS 结构有效态密度方法的量子力学校正 .....	656
基于有效态密度的 MOS 结构电荷控制模型 .....	669
Unified MOSFET Short Channel Factor Using Variational Method 应用变分方法的统一 MOSFET 短沟道因数 .....	674
Simplified Method to Investigate Quantum Mechanical Effects in MOS Structure Inversion Layer MOS 结构反型层中量子力学效应的简化研究方法 .....	681
一种新的 MOS 结构量子化效应修正模型 .....	687

✦ Solving Schrodinger Equation with Non-Uniform Grids by Scale Transformation Method 利用不均匀网格的比例变换方法求解薛定谔方程 .....	695
✦ Validity and Applicability of Triangular Potential Well Approximation in Modeling of MOS Structure Inversion and Accumulation Layer MOS 结构反型层和积累层建模中三角电势阱近似的正确性与适用性 .....	701
✦ Analytical Charge Voltage Model in MOS Inversion Layer Based on Space Charge Capacitance MOS 反型层中基于空间电荷电容的电荷电压解析模型 .....	709
✦ Comprehensive Analytical Charge Control and $I$ - $V$ Model of Modern MOSFET's by Fully Comprising Quantum Mechanical Effects 包含全部量子力学效应的现代 MOSFET 综合解析电荷控制和 $I$ - $V$ 模型 ...	717
✦ Characterization and Modeling of Threshold Voltage Shift due to Quantum Mechanical Effects in pMOSFET pMOSFET 量子力学效应阈值漂移的表征与建模 .....	725
✦ A New Charge Model Including Quantum Mechanical Effects in MOS Structure Inversion Layer 一种包含量子力学效应的 MOS 结构反型层电荷新模型 .....	735
✦ On the Degeneracy of Quantized Inversion Layer in MOS Structures MOS 结构中量子化反型层的简并 .....	746
✦ Thorough Analysis of Quantum Mechanical Effects on MOS Structure Characteristics in Threshold Region MOS 结构阈值区域的量子力学效应的综合分析 .....	754
✦ 硅基 PZT 铁电薄膜的制备与性能研究 .....	766
✦ Study of Ferroelectric $\text{PbTiO}_3$ Thin Films 钛酸铅铁电薄膜研究 .....	772
✦ Characterization and Modelling of Carrier Distribution and Gate Capacitance in MOS Structure Inversion Layer MOS 结构反型层中载流子分布和栅电容的表征与建模 .....	776
✦ Analytical Charge-Control and $I$ - $V$ Model for Submicrometer and Deep-Submicrometer MOSFETs Fully Comprising Quantum Mechanical Effects 充分考虑量子力学效应的亚微米和深亚微米 MOSFET 解析电荷控制和 $I$ - $V$ 模型 .....	792
✦ Analysis of Lattice Thermal Conductivity of Si Thin Films 硅薄膜晶格热导率分析 .....	807
✦ 硅基铁电薄膜的电性能研究 .....	812

## 集成电路技术

一种用于模式识别的多输入模糊处理器 .....	819
一种面向 VLSI 实现的手写体数字识别系统 .....	824
单体模糊神经网络:在智能控制中的应用及 VLSI 实现 .....	834
双 MOS 晶体管等效电阻 .....	839
可编程模糊逻辑控制器芯片的设计 .....	845
纹膜结构麦克风的动态特性:使用 EDA/CAD 工具进行 Top-down 设计 ...	852
Recursive Training for Multi-Resolution Fuzzy Min-Max Neural Network Classifier	
多值模糊最小最大神经网络分类器的递归算法 .....	861

## 系统集成技术

Theoretical and Experimental Studies of Single-Chip-Processed Miniature Silicon Condenser Microphone with Corrugated Diaphragm	
单芯片纹膜微型硅电容麦克风的理论和实验研究 .....	871
Single-chip Fabrication of Integrated Fluid Systems (IFS)	
集成流体系统的单芯片制作 .....	883
MEMS Developments in Tsinghua University	
清华大学 MEMS 技术的研究发展 .....	894
A Novel Single-Chip Fabrication Technique for Three-dimensional MEMS Structures	
三维 MEMS 结构的单芯片制作新技术 .....	903
微流量泵与微流量传感器的系统集成 .....	908
新型双轴电容式微加速度传感器优化设计研究 .....	912
利用多层光刻胶工艺的准 LIGA 技术 .....	918
硅集成微型泵系统的优化设计和兼容工艺研究 .....	923
铁电-硅集成微麦克风和扬声器研究 .....	929
Fabrication Process of Wobble Motors with Polysilicon Anchoring Bearing	
具有多晶固定轴承的晃动马达制作工艺 .....	934
改进微静电马达的摩擦与磨损 .....	939
Plasma Dry Etched p-Silicon Micromolds for Permalloy Microstructure Array Electrodeposition	
用于坡莫合金微结构阵列电沉积的等离子干法刻蚀的 P 型硅微模 .....	944
一种新型硅基 PT/PZT/PT 夹心结构的电性能研究 .....	950
一种采用双面对准的硅 LIGA 掩模制作研究 .....	955

一种新型集成麦克风和扬声器的设计 .....	961
基于微电子机械系统技术的高灵敏度电容式微传声器的研制 .....	966
集成 MOS 力敏放大压力传感器 .....	975
A Novel Cell and Array Architecture for FET-Type Ferroelectric Nonvolatile Memories	
一种新的 FET 型铁电非挥发存储器的单元和阵列结构 .....	980
An Improved Behavioral Model of Ferroelectric Capacitors	
一种改进的铁电电容行为模型 .....	987
Study of $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ -Based Metal-Ferroelectric-Semiconductor (MFS) FET	
$\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 基金属-铁电-半导体 FET 研究 .....	992
微机械平面螺旋电感的 Q 值分析与结构优化 .....	996
硅基 PZT 薄膜的制备与刻蚀工艺研究 .....	1002
Dynamic Characteristics of Novel Single-Chip Fabricated Corrugated Diaphragms for Micro-Acoustic Devices	
用于微声学器件的新型单芯片纹膜的动态特性 .....	1007

## 其 他

光刻胶灰化工艺与深亚微米线条的制作 .....	1017
-------------------------	------

## (下)

## 战略展望

A Discussion on the Extension of Moore's Law	
关于摩尔定律延伸的探讨 .....	1025
微电子技术发展与物理学 .....	1033
GMR 生物传感器研究进展 .....	1046
从 ULSI 芯片的性能能量效率展望 21 世纪信息电子学的发展 .....	1053

## 器件物理

XPS Characterization on the Mn-Doped BST Thin Films Prepared by Sol-Gel Method	
溶胶凝胶法制备的 Mn 掺杂 BST 薄膜的 XPS 特性 .....	1077
Fabrication of (100) Orientated PZT Thin Films for MEMS Applications	
用于 MEMS 的(100)取向 PZT 薄膜的制备 .....	1084
Characteristics of Silicon-Based $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ Thin Films Prepared	

by a Sol-Gel Method	
溶胶凝胶法制备的硅基 BST 薄膜的特性 .....	1091
✦ Preparation and Etching of Silicon-Based Piezoelectric Thin Films for Integrated Devices	
用于集成器件的硅基压电薄膜的制备和刻蚀 .....	1098
✦ Modeling and Simulation of Thin-Film Bulk Acoustic Resonators 薄膜体声波谐振器的建模和仿真 .....	1105
✦ Ba <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> TiO <sub>3</sub> Ferroelectric Thick Films with Uniform Thickness and Its Applications to RF MEMS Devices	
厚度均匀的 BST 铁电厚膜及其在射频 MEMS 器件中的应用 .....	1112
✦ Measurement of Thermal Conductivity of Buried Oxides of Silicon-on-Insulator Wafers Fabricated by Separation by Implantation of Oxygen Technology	
氧注入制作的 SOI 中埋氧热导率的测量 .....	1121
✦ Mn 掺杂 BST 薄膜的制备与表征 .....	1126
✦ Characterization of Mn-Doped Ba <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> TiO <sub>3</sub> Thin Films Prepared by the Sol-Gel Method	
溶胶凝胶法制备的 Mn 掺杂 BST 薄膜的特性 .....	1132
✦ Investigation of Thermal Property of Novel DSOI MOSFETs Fabricated with Local SIMOX Technique	
局部注氧隔离制作的新型 DSOI MOSFET 的热学特性研究 .....	1137
✦ Preparation and Properties of PLZT Thick Films on Silicon 硅基 PLZT 厚膜的制备和特性研究 .....	1143
✦ DSOI, SOI 和体硅 MOSFET 的特性测量比较 .....	1150
✦ PZT Based MFS Structure for FeFET 用于 FeFET 的 PZT 基 MFS 结构 .....	1157
✦ Fabrication of High Quality PZT Thick Film Using Lift-Off Technique 剥离法制作高品质 PZT 厚膜 .....	1164
✦ Fabrication and Properties of Silicon-Based PLZT Thin Films for MFSFET Applications	
用于 MFSFET 的硅基 PLZT 薄膜的制备和特性 .....	1171
✦ Optical and Structural Investigation of Stacked Ge Quantum Dots 多层 Ge 量子点的光学特性和结构研究 .....	1178

## 集成电路技术

✦ 一种多分辨率组合的模糊神经网络分类器 .....	1185
----------------------------	------



✦ 模拟神经元电路实现研究现状与进展 .....	1197
✦ 一种基于超盒表示的规则提取方法 .....	1215
✦ Fuzzy Petri Nets for Rule-Based Pattern Classification 用于规则模式分类的模糊 Petri 网 .....	1225
✦ Using Learning Samples to Construct Fuzzy Logic Systems with the Application to Inverted Pendulum Control 使用学习样本构建的模糊控制系统在倒立摆中的应用 .....	1234
✦ Fabrication and Properties of Silicon-Based PZT Thin Films for MFSFET Applications 用于 MFSFET 的硅基 PZT 薄膜的制备和特性 .....	1239
✦ Design of an Analog Adaptive Fuzzy Logic Controller 一种模拟自适应模糊控制器的设计 .....	1246
✦ 基于电荷泵实现的模糊控制器去模糊电路设计 .....	1256
✦ 新结构重心法去模糊单元电路设计 .....	1262

## 系统集成技术

✦ 高灵敏度微机械薄膜的设计、模拟与优化 .....	1271
✦ Design Optimization of Beam-Like Ferroelectrics-Silicon Microphone and Microspeaker 梁式铁电-硅微麦克风和扬声器的设计优化 .....	1281
✦ Study of Anisotropic Etching of (100) Si with Ultrasonic Agitation 超声波激励的(100)硅各向异性腐蚀研究 .....	1288
✦ Single-Chip Condenser Miniature Microphone with a High Sensitive Circular Corrugated Diaphragm 具有高灵敏度圆形纹膜的单芯片电容式微麦克风 .....	1297
✦ 硼沉淀积对自组织生长 Ge 量子点尺寸分布的影响 .....	1305
✦ Preparation and Characterization of a Sol-Gel Prepared Ferroelectric Sandwich Structure 溶胶凝胶法铁电三明治结构的制备和表征 .....	1312
✦ 硅基衬底 $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ 厚膜制备的 sol-gel 新方法 .....	1319
✦ Comparative Studies of Novel Capacitive Transducers with Non-Planar Diaphragms 新型非平面振膜电容式换能器的比较研究 .....	1326
✦ High Quality Ferroelectric Capacitor for FeRAM Applications 用于 FeRAM 的高品质铁电电容 .....	1335
✦ A Novel Single-FET Cell and Array Architecture for Ferroelectric	