第20卷第3期 1999年3月 半导体学报

Vol 20,No. 3 Mar., 1999

铁电-硅微集成系统

李志坚 任天令 刘理天

(清华大学微电子学研究所 北京 100084)

摘要 铁电-硅微集成系统(FSM IS)是铁电材料与硅工艺相结合的产物,在微电子机械系统 (M EM S),存储器等多方面具有极为重要的应用价值 本文介绍了几种重要的硅基铁电膜的制备方法和几种典型的 FSM IS 应用方向,并对 FSM IS 领域的未来发展作出展望

EEACC: 2810F, 2860, 2560, 2575

1 引言

铁电薄膜材料有着优良的铁电, 压电, 热释电, 电光, 声光及非线性光学特性, 它集力, 热, 电, 光等性能 于一体, 具有其它材料不可比拟的优越性能 目前, 人们已成功地研制出力敏传感器, 热释电探测器, 铁电 存储器, 光波导等器件. 随着射频磁控溅射, 溶胶-凝胶(Sol-Gel), 金属有机化学气相沉积 (MOCVD), 脉冲 激光沉积(PLD), 分子束外延(MBE)等外延铁电薄膜技术的发展, 人们越来越可以得到更高品质的铁电 器件.

硅在集成电路生产中具有极为广范的应用,但这仅仅是利用了其电特性 目前,硅集成电路工艺已达 到相当高的水平,以硅集成电路工艺为代表的微电子技术已成为衡量当今世界各国技术发达程度的重要 标准 80 年代兴起的微电子机械系统 (M EM S)利用了硅的机械特性,或者同时利用了其机械和电特性,从 而导致了一项重要新技术的产生 人们甚至认为M EM S 技术的重要价值将可以同集成电路相比拟 近年 来,与M EM S 相关的硅基加工技术发展迅速,已形成表面加工(牺牲层技术),体加工(各向异性刻蚀技 术),SDB (硅直接键合),L IGA 等多种较为成熟的工艺 当今铁电薄膜材料制备技术的日益成熟,及以与 M EM S 相关的硅微电子工艺的迅速发展,使人们可以将铁电膜材料优越的性能与工业化,高技术化的硅工 艺相结合,从而产生出一类崭新的微电子器件,我们称之为铁电-硅微电子集成系统,简称铁电-硅微集成系 统 (Ferroelectircs-Silicon M icroelectronic Integrated System, FSM IS).本文将简要介绍当前世界范围内 FSM IS 的研究状况,并对其发展趋势进行评述

2 FSM IS 的提出

当前, 硅微加工技术已达到极为完善的阶段, 以至把整个电子系统集成于一个芯片已成为可能 为了 扩展这一成果, 人们正致力于寻找新的材料与之配合, 其目的有二: 一是尽量提高集成芯片的功能和性能; 二是开发和扩展芯片的处理能力 例如, 为了提高集成存储器件的电容量(某一单元面积下)和MOS 器件

李志坚 男, 1928年出生, 教授, 中国科学院院士, 微电子学专业

任天令 男, 1971 年出生, 博士后, 固体物理和微电子学专业

刘理天 男, 1947 年生出, 教授, 微电子学专业

¹⁹⁹⁸⁻⁰²⁻¹¹ 收到, 1998-03-23 定稿

的跨道指标,要求以高介电常数的介质膜替代 SD2 膜;又如,为了把信息获取的传感器和信息应用的执行器与 IC 集成在一起组成智能化的微系统(如M EM S),要求热,光,压力敏感度大的材料与硅相配合.硅材料本身虽与硅工艺相兼容,但难以很好地完成上述功能要求 作为选择,铁电材料是极其优秀的候选材料, 具有很好的利用前景

铁电材料是一类在某些温度范围内具有自发极化,且其自发极化强度能因外电场的作用重新取向的 压电材料 典型的铁电材料如BT,PZT 等.压电材料是指具有压电性的材料 所谓压电性是指当材料在外 力作用下发生形变时,在它的某些相对应的面上产生异号电荷,即无电场作用,只是由于形变而产生极化 的现象 压电性实际上反映了压电体的弹性和介电性的相互耦合作用 因为铁电体本身就具有自发极化, 所以它一般具有比非铁电性的压电材料更优越的压电性能 例如,PZT 的机电耦合系数与压电常数比典型 的压电材料 ZnO 大一个量级左右 另外,铁电材料的极化反转,热释电及可能具有的高介电常数,电光,声 光等特性更使其成为压电材料中的佼佼者

正因为这些突出的力、电、热、光耦合性能满足了前面指出的当今微电子集成系统发展的要求,使得人 们可以将铁电膜和硅工艺相结合,从而构建出一类既能发挥铁电膜的优异性能又能利用先进的硅加工技 术实现微型化与工业化的新型微电子集成系统,我们称之为铁电-硅微集成系统,即 FSM IS 可以说, FSM IS 是微电子科学发展的要求也是各类学科日趋交叉化的产物 与M EM S 概念不同, FSM IS 概念的提 出是以系统的材料类型为出发点的, 而M EM S 是以系统的功能类型为出发点的 从范畴上讲, FSM IS 与 M EM S 相互交叉,是不能被对方完全包容的 FSM IS 器件的核心是硅基铁电膜材料,其构建过程一般要用 到硅基铁电膜生长技术以及硅工艺特别是M EM S 技术中的硅的表面和体加工等技术

一般而言,相对于由其它方式实现的同种器件, FSM IS 器件中不需多种组件的耦合即可得到所需的功能,因而具有结构简单,可靠性高的优势,甚至有着其它器件难以实现的优越性能

3 硅基铁电膜的制备

已如前所述,制作 FSM IS 的关键是把这些铁电膜材料生长到硅基上去,以有机地形成系统,达到良好 的系统功能 当前这方面的工作正在发展之中.从现在 FSM IS 常用的铁电膜材料的种类看有 PZT, BT, BST, PLZT 等,常用制备方法主要有射频磁控溅射,Sol-Gel 法,MOCVD,及厚膜印刷(thick-film printing)技术^[1]等

3.1 射频磁控溅射

铁电材料是绝缘化合物, 若采用直流溅射会使轰击靶子的离子难以离开靶, 使靶的电位上升, 排斥正 离子, 从而使溅射难以进行; 若采用射频溅射就不存在上述问题 而采用射频磁控溅射方法能进一步增加 电子的行程, 加强电离和离子轰击效果, 从而有效提高溅射效率及铁电膜的均匀性 近几年来, 人们探索用 射频磁控溅射的方法来制备硅基铁电薄膜, 使溅射膜在均匀性等方面有了显著提高 目前已成功地用射频 磁控溅射方法制备出 PZT, ZnO 等铁电或压电薄膜^[2,3]. 以文献[2]为例, 它以 PZT 陶瓷为靶, 以单晶硅为 基片, Pt/Ti 为基电极(Ti 膜用于增加 Pt 对 Si 的附着力, 并阻止高温下 Si, Pb 的层间扩散), 用射频磁控溅 射法制备了硅基 PZT 铁电膜 发现铁电膜的结构强烈依赖于基片温度, 底电极材料, 薄膜厚度以及热处理 工艺等因素 在此文中的基片条件下, PZT 膜在热处理结晶过程中, [110]取向为晶体生长的择优取向 在 溅射完成后, 考虑到与硅工艺的兼容性, 一般对硅基铁电膜进行快速热退火(RTA)处理, 以减少膜表面和 界面的粗糙度及 Pb 的损耗, 并从而使非晶相单一变成铁电相 值得注意的是, 对于 FSM IS 铁电存储器件, 溅射膜中的缺陷, 空位, 杂质等对漏电流, 极化疲劳等品质有重要影响, 这是在选择电极材料, 热处理温度 和时间等溅射条件时要特别注意的问题

总起来说, 射频磁控溅射法制备硅基铁电膜有重复性好, 易于控制的优点, 其缺点是工艺有一定难度, 薄膜的厚度受一定限制

3 2 Sol-Gel法

Sol-Gel 工艺的基本过程是这样的:在有机溶剂中加入含有所需元素的化合物形成均匀溶胶 Sol,通过

Sol的水解与缩聚反应形成凝胶 Gel, 再通过热处理除去 Gel 中的有机成分并形成所要得到的铁电薄膜 一般来说 Sol-Gel 法制备铁电薄膜具有均匀性好, 成本低, 易大面积成膜等突出优点

在进行硅基铁电膜的制备时,考虑到硅与铁电膜的粘附性,晶格匹配性及电极的需要等问题,一般先 在硅基片上生长具有缓冲与阻挡性的电极膜层(如 T i/Pt, CeO 2 等). 这之后的步骤是:将 Sol 滴在基片上, 利用匀胶机使 Sol 均匀涂覆在基片上形成湿薄膜,再在一定温度下进行热处理形成一层干膜 然后利用多 次涂覆湿膜并进行热处理的方法最终得到所需厚度的铁电膜 目前,人们已经利用 Sol-Gel 法成功地制备 了 PZT, PL ZT 及 ZnO 等多种铁电或压电薄膜^[4,5]. 在硅基铁电膜的成膜过程中,每次涂膜的厚度,预烘条 件及最后退火条件的掌握对表面光滑无裂缝,品质优良的硅基铁电膜的得到是特别重要的 另外,需要指 出的是 Sol-Gel 法硅基铁电膜工艺的重复性还有待改善

3 3 MOCVD

把含有组成薄膜成分的金属有机化合物的源物质的气体送入适当温度的反应室内,通过在衬底表面上进行化学反应而生成铁电薄膜,这即是MOCVD 的基本过程 一般而言,MOCVD 的优点是能大面积成 膜,可控性好,但也存在着金属有机源毒性大,纯度和稳定性较差的不足之处 最近,人们用MOCVD 方法 成功制备了硅基 PZT 铁电薄膜^[6]. 其衬底为 Pt/SD₂/Si,衬底温度为 360~390 ,源为: Pb (DM P)₂, Zr (O-t-C₄H₉)₄, Ti(O-i-C₃H₇)₄)和O₂, 退火温度为 700 .我们认为其电极应选用缓冲性,阻挡性材料,而且 其退火温度偏高,从而会引发 Pb 损耗及缺陷增多等诸多问题 MOCVD 硅基铁电膜工艺在上述方面还需 进一步改进

3.4 厚膜印刷

厚膜印刷是一种刚刚兴起的硅基铁电膜制备技术 它是将铁电微晶(一般粒径为微米级)均匀分散于 有机溶剂中,然后涂覆于衬底表面,最后进行热处理以形成所需的铁电薄膜 我们知道,一般的外延铁电膜 生长方法适宜制备较薄的铁电膜(膜厚一般小于几 µm),然而在某些情况下需要使用较厚的铁电膜,比如 需要构建某些有较大位移量的悬臂结构时 厚膜印刷技术可以使我们容易地得到较厚的铁电薄膜 如文献 [1]中即用此技术成功制备了厚度为 50µm 以上的硅基 PZT 铁电薄膜

厚膜印刷技术的突出优点是易于制备较厚的铁电膜,且成本较低,其不足之处是热处理温度相对较高,铁电膜的品质稍差

4 几类典型的 FSM IS

4.1 微麦克风和扬声器

因为铁电体本身就可以将力, 电信号进行相互转换, 所以在此原理基础上可以设计用铁电薄膜作成集 麦克风与扬声器功能于一体的器件. 这一构想无疑是很诱人的

最近, 美国伯克利的研究人员研制成功了基于 ZnO 压电薄膜的悬臂式微麦克风和扬声器^[7]. 它是用硅 微机械加工的方法在硅片上制成 2000 × 2000 × 4.5μm³ 的多层结构悬臂膜片. 这一多层膜片包括 SD 2, SiN 4, 电极材料及 ZnO 薄膜, 其中的 ZnO 层是用射频磁控溅射的方法制备的, 厚度约 0.5μm. 这一设计中 所以采用悬臂式而非夹固式振膜, 是为了增加膜的柔顺度, 以提高灵敏度; 之所以采用多层膜式结构, 是为 了消除振膜中的应力, 从而进一步提高灵敏度. 这一器件的技术指标大体是这样的:

麦克风在低频下的灵敏度为 0.3mV /bar; 在 890Hz 的最低共振频率下,其灵敏度为 20mV /bar 值得 一提的是,这一指标数值是目前所有微麦克风中最高的 在 4V 电压驱动下,扬声器在 890Hz 的声输出为 75dB;在 4.8kHz, 6V 条件下的输出为 100dB.

我们认为实现这一器件的关键有三方面: 一是大面积(2 × 2mm²)超薄(4.5μm)膜的制备; 二是在较大 (如 4 英寸硅片) 溅射 *c* 轴取向 ZnO 的均匀性控制; 三是薄膜中应力消除问题 考虑到 PZT 材料的(压电常 数远大于 ZnO)压电性能远比 ZnO 优越, 我们认为如果采用 PZT 铁电薄膜来制备 FSM IS 微麦克风和扬 声器, 将使器件指标得到显著提高

4.2 微马达

压电微马达具有静电微马达和微电磁马达不可比拟的优越性能 近年来已在纯的压电马达方面开展 了许多工作,某些小型的纯压电马达已经实用化 最近,顺应微型化及与硅工艺相结合的趋势,国外的学者 探索将铁电膜材料与硅工艺相结合以研制新型的的压电微马达^[8,9].以文献[8]中的 PZT 型微马达为例, 马达尺寸为:直径 4mm,PZT 膜厚 0.6µm.在1~3V 的电压驱动下,由铁电膜的逆压电效应产生的力使其 转速达到约 200rpm,产生的转矩远大于其它类型的微马达,并可在标准 ICs 电池驱动下工作.经过进一步 优化设计,这类微马达可望在微机器人,自动聚焦透镜系统,精密手表和精密定位器件方面得到重要应用

4.3 精巧的压电加速度计

加速度测量是微传感器领域中最富挑战性,最富发展前景的领域之一. 高可靠性,高灵敏度,微型化的加速度计越来越为汽车工业,航天,生物,医学等领域所需要 目前的加速度计有以下几种类型: 压阻式, 电容式, 压电式 目前,体材料的压电陶瓷式加速度计已投入使用,近年来人们对 ZnO, A N, PZT 等压电膜材料的加速度计也作过一些初步尝试 考虑到与硅工艺相结合的趋势,最近又有人提出了将铁电膜集成于Si片上制作微型加速度计的设想^[10]. 它是利用质量块随速度的变化对 PZT 膜压力的变化所导致的压电电荷的变化来进行加速度测量的 这一设计的优越之处在于将铁电膜集成于硅片后可形成一种单片集成(monolithic)系统,使加速度传感器与电子部件集成于同一衬底,从而可望得到高灵敏,低成本的微型化加速度传感器件.根据文献[10]的设计,作为加速度传感器核心的 PZT 膜片材料同用 CMOS 技术制备的前置电荷放大器直接集成于一个微小单元,其灵敏度可以高达 320mV /g 更诱人的是,这一设计十分简单,灵敏度却很高,从而具有其它微加速度计不可比拟的优势

4.4 铁电存储器

随着超大规模集成电路(VLSI)的发展,要求未来的动态随机存储器(DRAM)有着更高的电荷存储密 度 预计制作 GB 容量的DRAM 需要很高介电常数的材料 因为 PZT, PLZT,BST 等铁电材料有着很高的 DRAM 极化品质,对这些材料的研究已经引起人们极大的关注^[11-14].因为这些铁电材料存在非线性的极 化-电场迟滞回线,它们也可用于非挥发性存储(NVM)器件.最近NEC 公司甚至作成了 16GB 的 BST DRAM ^[12],其存储电容中铁电膜的 SD₂ 等效厚度小于 0.4nm. 铁电DRAM 具有良好的稳定性和抗辐照特 性,其速度比 E²PROM 高两个数量级,而且读/写次数可达 10¹¹~10¹²,远比 E²PROM 的 10⁵~10⁶ 来得高, 存储容量巨大,因而在不久的将来它必将取代 E²PROM 及其它有关的存储器 这类铁电存储器核心部分 往往是几十 nm 厚的铁电膜,制作过程中一般要采用亚微米硅工艺 这一FSM IS 方向已引起人们的极大重 视,具有极大的应用前景 当前,这类 FSM IS 器件存在的主要问题是漏电流及寿命问题 我们认为其主要 根源在于电极材料的选取,只要适当选取电极电材,同时进一步提高铁电膜材料的品质,相信在不久的将 来就会很好地解决上述问题

4.5 其它应用方向

因为 FSM IS 潜在的优越性能, 它在多个方向有着很好的应用前景 我们知道微型泵在医药和环境领 域有着重要价值 而利用 FSM IS 器件可以得到性能优越的微泵, 它可具有很高的泵速和高的背向压力^[15] 由于诸如 PZT 等铁电薄膜材料高的电-力耦合系数, 温度稳定性和优异的退极化品质, 使得它们构成的 FSM IS 器件在扫描力显微镜(SFM)领域具有不可替代的作用^[16~18] 目前这一技术发展迅速, 这类 SFM 的 纵向 (深度)分辨率可达 0.15nm 以上 另外, 用 PZT 等铁电膜材料作成的 FSM IS 声纳换能器件^[19], 在高 频声纳, 医用超声, 超声通信, 探伤等重要领域具有极大的优势

5 前沿课题

综观 FSM IS 的研究状况, 我们认为这一领域的前沿课题主要集中在以下几个方面:

(1) 材料方面: 这主要是指如何获得高品质的硅基铁电膜,电极材料的选取以及新型铁电膜的开发等 课题 就目前常用的硅基铁电膜的制备来看,因为硅衬底与铁电膜在晶格常数,结构和取向等的差异等因 素,制备得到的铁电膜在均匀性,致密性,晶化完整度及薄膜的取向性等方面还未尽如人意 其次,电极材 料对铁电膜的结构和性能有着重要影响,从而对铁电膜的介电击穿,漏电流和极化疲劳等有重要影响 最 近的研究已表明某些金属氧化物(如LaSrCoO3,SrRuO3)电极相对纯金属电极(如Pt)可能会大大改善铁 电膜的品质 另外,我们认为除现有最常用的PZT 及应用于铁电存储器的BST 等铁电膜材料外,可以探索 开发新型的硅基铁电膜材料,如对PZT 的掺杂改性,其它多元系的铁电材料及有机铁电材料的使用等 硅 基铁电膜是 FSM IS 的核心,对上述问题的研究是当前极为重要的前研课题

(2)器件方面: FSM IS 是一个崭新的领域, 实现高性能的 FSM IS 器件是这类研究的重要目的 我们需 要对铁电膜材料优越的力, 电, 热及敏感特性有深入而全面的认识和理解, 然后才可能设计出各类构思精 巧的 FSM IS 器件. 在进行 FSM IS 器件的设计时, 相对稍为成熟的M EM S 器件的设计思想可能给我们有 益的启示, 比如: 硅M EM S 可作成微加速度计, 借鉴其设计同时利用铁电材料本身的力, 电耦合特性, 可以 设计出性能优越的 FSM IS 微加速度计. 另外, 因为在容量, 速度等方面的具大优势, FSM IS 铁电存储器件 成为当前一个突出的 FSM IS 前沿方向, 而围绕这一器件方向的漏电流, 极化疲劳, 铁电薄膜和电极材料的 选取等问题也就成为重要的前沿课题

(3)物理方面: 随着 FSM IS 的出现, 无疑在物理上提出了许多新的问题 可以说, FSM IS 的产生为物 理学的力, 电, 热, 光及统计等多个分支都提供了的丰富的研究课题 首先, 在外延薄膜生成的物理机制方 面, 各种外延铁电薄膜的成核生长及其与衬底(包括电极)材料的选取, 温度, 组分元素及缺陷的迁移, 电畴 的形成, 应力分布等之间的关系是要迫切解决的物理课题 其次, 关于铁电薄膜的极化疲劳, 漏电流等物理 机制的研究对 FSM IS 存储器的研制将有重要价值 另外, 对各类 FSM IS 体系性能与结构等之间关系的物 理模拟也是当前很有意义的物理课题

6 结束语

FSM IS 是在当今日新月异的信息技术革命浪潮的推动下,在以铁电薄膜材料制备技术和以硅工艺为 代表的微电子技术日趋成熟为前提的情况下诞生的 从另一角度看, FSM IS 是铁电材料科学与硅微电子科 学相互交叉的产物 FSM IS 是一项 21 世纪的革命性技术,它在M EM S,信息存储,通信等多个重要领域具 有重要应用价值,并无疑将带动众多交叉学科与高新技术产业的发展

FSM IS 这一方向是非常年轻的 从国内来看,目前还未有过这方面深入的工作;而从国际上看,关于 FSM IS 的研究也仅仅是进入 90 年代后才刚刚开始起步,并且只是在美国,日本等少数几个发达国家得以 开展 直到今天除对个别的 FSM IS 器件开展了较为深入的研究外,一般的 FSM IS 还处于摸索与理论上的 探讨阶段 我们认为出现这种状况的原因有两个:一是 FSM IS 需要铁电薄膜技术和硅工艺(主要是与 M EM S 有关的工艺)发展到较高水准;更重要的是它是学科交叉的产物,对科研人员的知识结构有着较高 要求

本文中,我们明确提出了 FSM IS 这一概念,并对其在各方向的研究状况和发展前景作了全面的评述 我们认为在具有一定的硅工艺技术及铁电膜材料技术基础的前题下,开展对 FSM IS 的研究工作,极富创 新性与挑战性,并必将对我国高技术产业的发展起到重要的推动作用

参考文献

- [1] R. Maas, M. Koch, N. R. Harris et al , Mater Lett , 1997, 31: 109~ 112
- [2] D. X. Lu, Z Y. Li, X. J. Liu et al., Vac. Sci. Technol., 1996, 16: 206~211.
- [3] A. Barker, S Crow ther and D. Rees, Sens Actuators, 1997, A58: 229~ 235.
- [4] T. J. Boyle and H. N. Al-shareef, J. Mater Sci , 1997, 32: 2263~ 2266
- [5] D. H. Bao, H. S. Gu and A. X. Kuang, Ferroelectrics, 1996, 186: 211~ 214
- [6] Y. M. Kin, W. J. Lee and H. G. Kin, Thin Solid Films, 1996, 279: 140~ 144.

- [7] S. S. Lee, R. P. Ried and R. M. White, J. M icroelectrom echanical System, 1996, 5: 238~ 242.
- [8] P. Muralt, M. Kohli, T. Maeder et al, Sens Actuators, 1995, A48: 157~ 165.
- [9] G "A. Racine, R. Luthier and N. F. de Rooij, Hybrid ultramicromachined motors, Proc IEEE MEM S, Fort Lauderdale, TX, USA, 1993, pp. 128~ 132
- [10] Y. Nem irovsky, A. Nem irovsky, P. Muralt et al., Sens Actuators, 1996, A56: 239~ 249.
- [11] J. L. Chen, H. M. Chen and J. Y. M. Lee, Appl Phys Lett, 1996, 69: 4011~4013.
- [12] H. Yamaguchi, T. Iizuka, H. Koga *et al*, A stacked capacitor with an MOCVD-(Ba, Sr) TD₃ film and a RuO₂/Ru storage node on a TN-capped plug for 4 Gbit DRAM s and beyond, International Electron Devices M eeting 1996, San Franciso, CA, Dec 8~ 11, 1996, pp. 675~ 678
- [13] T. Matsuki, Y. Hayashi and T. Kunio, Crystalline-buffer-layer-aided (CBL) sputtering technique for mega-bit ferroelectric memory devices with SrBizTa2O9 capacitors, International Electron Devices Meeting 1996, San Franciso, CA, Dec 8~ 11, 1996, pp. 691~ 694
- [14] S Onishi, M. Nagata, S M itarai *et al*, A new high temperature electrode-barrier technology on high density ferroelectric capacitor structure, International Electron Devices M eeting 1996, San Franciso, CA, Dec 8~ 11, 1996, pp. 699~ 702
- [15] M. Koch, N. Harris, R. M aas et al, M eas Sci Technol, 1997, 8: 49~ 57.
- [16] C. Lee, T. Itoh, R. Maeda et al., Rev. Sci Instrum., 1997, 68: 2091~ 2098
- [17] C. Lee, T. Itoh, R. M aeda *et al*, Smart force sensors for scanning force microscope using the micromachined piezoelectric PZT cantilevers, International Electron Devices Meeting 1996, San Franciso, CA, Dec 8~ 11, 1996, pp. 545~ 548
- [18] C. Lee, T. Itoh and T. Suga, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 1996, 43: 553~ 559.
- [19] J. J. Bernstein, S.L. Finberg, K. Houston *et al.*, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 1997, 44: 960~969.

Ferroelectrics-Silicon M icroelectron ic Integrated System

L i Zhijian, R en T ian ling, L iu L it ian

(Institute of M icroelectronics, T singhua U niversity, B eijing 100084) Received 11 February 1998, revised m anuscript received 23 M arch 1998

Abstract Ferroelectrics-Silicon M icroelectronic Integrated System (FSM IS) is a product of combination of ferroelectric materials and silicon techniques It has greatmeaning for the M icroelectro-mechanical System (M EM S), memory and many other important fields Here, several preparation methods of ferroelectric films on Si and some typical FSM IS applications are introduced, and the prospect of FSM IS in the future is review ed

EEACC: 2810F, 2860, 2560, 2575