

## \* 书评与论坛 \*

# 半导体集成化芯片系统的基础研究

## ——国家自然科学基金“21 世纪核心科学问题”论坛 \*

何 杰 侯朝焕

国家自然科学基金委员会信息科学部,北京 100083

**摘要** 半导体集成化芯片系统(SOC)已成为当前微电子学科领域的主要研究目标. SOC 将成为 21 世纪微电子领域的核心技术之一,建议将 SOC 作为突破口,大力支持其基础研究,促进学科发展,为国家发展微电子产业做贡献.

**关键词** 基础研究 微电子 芯片系统

### 1 发展微电子技术具有重要意义

半导体微电子技术无论是从其发展速度还是对人类社会生产和生活所产生的影响,在人类科技进步史上都是空前的. 它不仅直接影响信息产业,而且对国民经济其他产业也影响深远,更是国防建设的灵魂. 微电子产业科技含量极高,多年来我国走的是一条引进的道路,而国外对我实行高技术禁运,造成与国际水平差距越来越大. 继续完全依靠引进不可能翻身. 而我们国家的工业基础较薄弱,在这方面的知识积累也不多,因此在大力发展微电子产业之前,必须加强相关的基础研究,以增加知识积累和人才积累. 因此,科学基金应该在资助范围、强度和国际合作等方面向微电子适当倾斜.

### 2 发展 SOC 的必要性及相关科学问题

由于半导体制造水平提供了在一个芯片上集成 10 亿以上器件的能力,即可以把一个特定的信息系统集成到单个芯片上,而 IC 设计水平相对落后,特别是要真正把系统集成到芯片上存在许多须迫切解决的重要课题. 于是半导体集成化芯片系统(SOC)成为了当前微电子学科领域的主要研究目标. SOC 具有速度快、性能好、功耗低、体积小和可靠性高的特点,能满足高速计算、移动通信与网络、多媒体技术与信息家电的需要,是人类多年的梦想. 然而,SOC 的实现还面临许多挑战,传统的 IC 设计方法无法满足要求,目前电子设计自动化(EDA)工具提供设计能力的年增长率仅为 21%,与按 Moore 定律发展(年增长率 58%)的工艺提供的制造能力差距正在拉大,只有及时开展 SOC 设计自动化方法的基础研究,建立新的 SOC 设计与测试方法学,才能弥补这一差距. 否则,工艺更新的投入将无法收回,严重影响微电子工业的持续发

2000-03-14 收稿,2000-06-02 收修改稿

\* 本文由“半导体集成化芯片系统的基础研究”九华论坛综述报告整理而成

展. 同时还必须研究解决各种功能单元的结构与工艺之间兼容性问题. 正因为此, SOC 才成为目前国际学术界和工业界广泛关注的热点. 可以肯定, SOC 将成为 21 世纪微电子领域的核心技术之一. 因此我们应将 SOC 作为突破口.

根据“十五”优先资助领域战略研究工作的部署, 国家自然科学基金委员会政策局会同信息学部、工程与材料学部和数学学部召开了以 SOC 为主题的科学论坛, 参加会议的有该领域 26 个主要单位的代表, 对以下相关科学问题的必要性和可行性进行了充分的论证.

#### (1) SOC 集成方法学

大系统集成到小芯片, 功耗与散热成为首当其冲的障碍, 特别是频率、速度等性能还要不断提高. 未来的 SOC 通常都包含多种微处理器(CPU)、数字信号处理器(DSP)、存储器、可编程逻辑、专用的模拟或 RF 电路模块(或称芯核、IP)的复杂电子系统, 甚至还集成了微传感信息获取器件. 如何将信息处理算法映射成 SOC 是必须研究的首要问题, 而研究可复用、可嵌入的芯核则是提高设计效率的必由之路. 另外, 还应当研究高性能、低功耗的电路技术与系统结构, 解决移动通信和绿色电器所面临的功耗问题; 此外还要研究 SOC 的同步问题和混合信号系统集成所面临的难题. 与此相关的研究内容主要包括: 信息处理算法到 SOC 的映射; 芯核及其可复用性和可嵌入性; 高性能、低功耗电路与系统; 新型定时系统与异步系统; 模拟、射频及混合信号集成电路.

#### (2) SOC 的综合、验证与测试理论

目前还没有任何方法、更没有任何工具能处理包含数亿个器件的 SOC 所面临的综合、验证和测试问题. 芯片系统的行为表示方法是提高 SOC 设计与验证效率的基础. 由于 SOC 一定采用深亚微米( $<0.35 \mu\text{m}$ )工艺, 互连线延迟对其行为的影响越来越占优势, SOC 设计必定由传统的以逻辑单元为中心过渡到以互连线为中心的设计模式, 因此, 系统综合和版图综合将密不可分, 互连线的模型、仿真和综合越来越重要. 同时, 还必须研究 SOC 的测试方法与可测试性设计技术, 解决由于 SOC 的规模越来越大、功能越来越复杂和芯核复用等所带来的各种测试难题. 与此相关的研究内容主要包括: 芯片系统的行为表示理论; 互连线的建模、仿真与线网综合; 与物理层相关的系统综合; 从行为级到版图级的验证与测试生成; 芯片系统的可测试性设计.

#### (3) 用于 SOC 的集成微传感系统

SOC 需要直接从自然世界中获取声、光、热、电等各种物理量信号进行处理, 因此, 集成微传感系统将是 SOC 的重要组成部分. 研究内容包括: 微观声、光、热、力、电耦合与等效分析; 微结构动力学建模分析; 集成微传感器、阵列芯片和分析系统.

#### (4) 面向 SOC 的小尺寸 MOS 器件科学问题

以研究  $0.1 \mu\text{m}$  级 MOS 器件为切入点, 通过在材料、器件物理与模型、结构与集成、微细加工技术等方面开展研究, 解决硅微电子器件进一步发展所遇到的关键问题. 同时, 必须建立有效处理深亚微米器件的软件系统, 解决设计工具明显滞后于芯片加工能力的问题. 与此相关的研究内容主要包括: 亚  $0.1 \mu\text{m}$  MOS 器件结构;  $0.1 \mu\text{m}$  级 MOS 器件模型、参数提取和仿真;  $0.1 \mu\text{m}$  级 MOS 器件的可靠性分析;  $0.1 \mu\text{m}$  级器件用硅材料的缺陷问题;  $0.1 \mu\text{m}$  级器件光刻工艺基础.

#### (5) 适于 SOC 的新材料及新器件探索

芯片系统不仅是电路规模的扩大,更是功能的集约和技术的突破.新材料和新器件的研究将为芯片系统的发展提供关键基础技术.与此相关的研究内容主要包括:低功耗高性能 SOI 器件及材料;射频电路用的新器件和相关材料问题;硅基纳米器件及其集成基础等 3 个被认为最有前途的方向.

### 3 结语

半导体集成化芯片系统基础研究的实施应当体现“统观全局、突出重点、有所为、有所不为”的方针,根据微电子学科发展的自身特点及我国国情与需求的轻重缓急分层次支持.与会人士最后达成共识,瞄准超前当今国际技术水平 2~3 代的科学问题,使研究成果为我国 2005~2010 年的微电子产业提供解决关键问题的科学方法,具体实施时,重点放在 SOC 的系统集成方法学的研究,并力争在 SOC 的综合、验证和测试理论;用于 SOC 的集成微传感系统及小尺寸 MOS 器件 3 个方向有所突破,在新材料和新器件的探索方向上取得创新成果.在指导思想上大力支持原始创新,并以促进微电子工业的可持续发展为立足点.力争做出有创新的成果,为发展具有我国自主知识产权的 SOC 提供科学方法和技术来源,服务于国民经济和现代化国防建设,改变我国微电子领域的落后面貌.