

·学科进展与展望·

# “半导体集成化芯片系统基础研究” 重大研究计划进展综述

何杰

(国家自然科学基金委员会信息科学部,北京 100085)

**[摘要]** 本文介绍了国家自然科学基金委员会第二批启动的重大研究计划试点之一:“半导体集成化芯片系统基础研究”的总体情况,分析了该重大研究计划顶层设计和组织管理特点;描述了前期资助项目的布局和学科交叉情况,简介了该计划执行2年以来所资助课题的部分进展及成绩;根据目前存在的问题,在中期评估的基础上,提出今后加强项目后期管理及鼓励学科交叉等方面的建议。

**[关键词]** 重大研究计划,进展,芯片系统,半导体

## 1 研究计划的整体架构、方向

由于半导体制造技术水平已经发展到吉规模集成度(GSI)和深亚微米尺度,基本具备了把复杂系统集成到芯片上的能力,而芯片设计能力的差距却越来越大,成为瓶颈。另一方面,人类社会信息化进程与信息社会的基础设施建设迫切需要高速计算、移动通信与网络、多媒体技术与信息家电的芯片化。芯片系统(SOC: system on a chip)集微处理器(MPU)、数字信号处理器(DSP)、存储器、逻辑电路、模拟或射频电路模块、乃至各种机械、声、光、化学等传感器的微光机电系统(MOEMS)元件的复杂电子系统在同一芯片上,具有性能好、功耗低、体积小和可靠性高的诸多优点,已成为目前微电子领域国际学术界和工业界广泛关注的热点。

“半导体集成化芯片系统基础研究”重大研究计划是国家自然科学基金委员会第二批重大研究计划试点之一,于2002年正式启动。

该计划的宗旨是:以芯片系统(SOC)需要解决的重要科学问题为研究方向,开展广泛、深入的基础研究,为我国2005年至2010年及其后的微电子科技与集成电路(IC)产业发展中的关键科学问题提供解决方法,从而促进我国电子信息工业高速、持续地

发展。

该计划的科学目标是:通过对科学发展趋势和国家长远需求的分析,结合微电子学科国际研究现状与发展趋势,凝练出SOC集成方法学, SOC综合、验证与测试理论,用于SOC的集成微传感系统,面向SOC的小尺寸器件,适于SOC的新材料及新器件探索与集成等5个具有战略性、前瞻性的关键科学问题和基础研究方向,争取在理论和实践的源头创新上有所突破,提高我国在SOC研究领域的整体创新能力。通过探索和解决SOC所面临的科学难题,在系统集成、设计方法、器件与材料方面力争取得重大突破,为发展具有我国自主知识产权的SOC芯片产品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,为改变我国微电子领域的落后面貌出力。

在项目配置上,分为重点项目和面上项目。面上项目侧重各相关领域内(如数学、物理、化学、生物、工程材料等)学术思想新颖、创新性强的项目;重点项目则侧重瞄准国家目标,把握相关领域世界科学前沿,针对我国已有较好基础、接近或达到国际先进水平的研究领域或新学科生长点开展系统、深入的研究工作。围绕以上所述的5个科学问题和研究方向,“半导体集成化芯片系统基础研究”重大研究

本文于2005年8月18日收到。

计划从2002—2004年共受理面上项目申请198项,资助59项。受理重点项目申请32项,资助8项。首批经费4000万元已使用3670万元,目前尚有节余330万元。

## 2 研究计划的顶层设计与组织实施

该重大研究计划的实施充分体现了“依靠专家”、“科学管理”的宗旨,实行以基金资助管理体制和专家学术管理体制相结合的架构,设立了“学术专家组”和“协调工作组”。项目的立项与执行、研究计划的协调与管理等全部依照国家自然科学基金委员会的有关规定执行,具体的项目受理和评审则由“学科联合工作组”执行。由于该计划内容涉及多学科交叉,故“学术专家组”和“协调工作组”等的组成均考虑了交叉性,由多学科领域专家组成。

### 2.1 充分发挥学术专家组的顶层设计和规划作用

重大研究计划的主要特点之一就是专家组对整个重大研究计划的总体目标和发展方向进行顶层设计,专家组除了负责把握重大研究计划的总体目标、方向和确定项目指南外,还参加每次评审会的全过程。在每一次评审会后,专家组都要召开专门的会议,根据当年的申请、资助情况以及评审过程中出现的问题,对下一年的项目指南进行相应的修改,注重做到对重大研究计划进行动态管理。在重大研究计划每一次学术交流会的最后一天,专家组与国家自然科学基金委员会工作人员都要专门征求项目承担人和特邀专家对重大研究计划的意见和建议,并对重大研究计划运行情况进行总结,探讨学术上的亮点,并就下阶段的工作重点进行讨论。

### 2.2 办好年度学术交流会,引入专题研讨,提供学科交流平台

学术交流年会旨在增进该重大研究计划参与者之间的交流,利于专家组成员了解各项目的执行情况,为今后研究计划的调整提供翔实、准确的依据。所有获资助的重点项目和已执行一年以上的面上项目均须派人参加会议,并做大会报告或分会报告。另外还特邀了一些海内外知名学者做特邀报告,参加交流会的还有该重大研究计划专家组成员、协调组成员、联合工作组成员和国家自然科学基金委员会其他相关人员。计划专家组成员分别负责主持各个阶段的交流,全体参会人员可分领域和专题展开热烈的讨论和交流,学术交流会注重各项目学术思想和创新点的交流,对于重大研究计划项目的集成、升华和促进学科交叉非常重要,为大家提供了学科

交流与交叉的平台。学术交流会还编辑出版论文集和电子文档,供项目负责人相互交流、学习。会后还要召开专家组会议,总结研究计划进展情况及交流会情况,并制定下阶段的项目指南,安排下阶段的项目管理和跟踪调研。

为充分了解该领域国际研究现状,广泛征求意见和建议,学术交流会还邀请一些国内外知名学者为特邀专家。他们听取了交流会的全过程,重点对研究计划两年来的运行情况和专家组的自评报告提出了咨询意见,有的还应邀做了学术报告。

### 2.3 积极开展调研工作,深入探讨重大计划的实施模式及管理方式

在受理、评审、管理工作的实践中,注意充分调动专家组成员和学术秘书的主动性,积极开展调研工作,为重大计划顺利及有效的实施积累经验。除了在平时积极利用各种机会开展调研工作外,在每年度的学术交流会期间,学术专家组还组织特邀专家和项目负责人的座谈会,就重大研究计划的实施及管理工作进行调研。另外每次项目评审会都注意邀请同领域“863”专项专家组成员及“973”专家参加,并认真听取他们针对具体项目和整个研究计划的意见和建议,以利于同国家其他重大项目和计划的协调和合理分工。

### 2.4 加强科学部间的配合和协作,充分发挥协调组和学科工作组的作用

该重大研究计划实施近三年来,项目受理、评审及管理工作的顺利开展是与相关科学部及科学处同仁的团结协作、努力工作密不可分的。计划专家组、计划协调组以及学科联合工作组所涉及的数理科学部、化学科学部、生命科学部、工程与材料科学部、信息科学部等相关学部和学科负责同仁之间的密切配合是重大研究计划工作得以顺利开展的前提。

## 3 研究计划的学科布局和学科交叉情况

### 3.1 注重实施顶层设计,发挥重大研究计划的协调、交叉和集成作用

为充分利用重大研究计划在促进学科交叉、促进项目交流方面的作用,该计划的学术专家组由几个相关科学部共同推荐组成,确保专家组成员来自不同学科领域,这样,由于专家组的顶层设计作用,可以从根本上保证本计划的学科交叉性,并利于将各学科取得的最新进展集成起来。通过综合考虑我国各学科领域现有基础和SOC发展现状与需求,专家组凝练设立了SOC集成方法学,SOC综合、验证

与测试理论,用于SOC的集成微传感系统,面向SOC的小尺寸器件,适于SOC的新材料及新器件探索与集成5个核心科学问题和研究方向。并安排了相应的重点项目立项,专家组通过发布指南体现其顶层设计。2002年至2004年三年间,在前4个方向各设立了2项重点项目,共资助8项重点项目,第5个方向由于探索性较强,分布面较广,尚待进一步积累和选择,暂时未安排重点项目。

### 3.2 加强齐抓共管,促进各学科申请和资助项目的平衡分布

该重大研究计划目前已受理的项目分布在信息、数理、化学、工程与材料4个科学部,涉及半导体、电子学与信息系统、计算机、自动化、物理I、力学、物理化学、环境化学、无机非金属材料、机械、电工和工程热物理共12个学科。

从项目申请和批准情况看,各学部的项目数很不均衡,大部分项目集中在信息科学部。虽然SOC本身是一个交叉、综合性较强的领域,研究内容不仅涉及电子、计算机、半导体等,也涉及数学、物理、化学、生物、工程材料等相关学科,大批活跃在SOC领域的研究人员也确实分别来自上述各个领域,虽然专家组在研究计划的顶层设计和项目指南中已充分考虑了学科的交叉和集成,但目前这些研究内容在其他学部的相应学科有的不是主流前沿热点,有的尚不够规模,导致这些项目集中到了信息科学部。目前这种局面并不是学科交叉状况的真实反映,如果长此下去,必将影响其他科学部相关学科参与管理的积极性,进而影响到相应学科的项目申请,形成恶性循环。鉴于这种情况,计划协调组和专家组要求各学科和各位专家组成员对此扩大宣传,并将在以后年度项目的实际评审过程中采取有效措施,加强各科学部的齐抓共管,充分考虑项目分布的学科平衡。

## 4 研究计划存在的问题及调整建议

“半导体集成化芯片系统基础研究”重大研究计划已执行了近三年,在国家自然科学基金委员会的直接领导下,在专家组和广大科研人员的努力下,取得了相当大的成绩。但重大计划是新生事物,尚处于试点阶段,一切都有待于在探索中前进,必然存在各种问题与缺点,归纳起来有以下几点:

### 4.1 研究方向分布的平衡有待改善

该重大计划所确立的五个研究领域,第五领域“面向SOC的新材料及新器件探索与集成”和第

四领域“用于SOC的小尺寸器件与材料的科学问题”的申请项目数明显不足。有望用于SOC的大尺寸硅单晶、锗硅、应变硅、SOI以及一些介质材料已有多年研究基础,学科前沿性相对不足,而难度很大;另外,有关小尺寸器件的探索,人们已从自上而下和自下而上两条途径研究了多年,探索了许多中器件结构,但都各有优缺点,尤其是考虑到集成,问题更多,难度较大,有条件并敢于在此领域探索的单位和人员不多,再加之“973”以及纳米科技等其他重大研究计划的分流,申请项目很少。改变这种局面的办法是在立项时除了沿用基金原有的程序、自下而上申请这种行之有效的主渠道以外,是否可以增加一条由上而下、由专家组组织项目的辅助渠道(当然这类项目亦应通过正常的评审程序),鼓励科研人员敢于切入该领域。

### 4.2 新成果与快速反应机制亟须建立

该重大计划应强调创新,关键是发现人才与创新思想,重要一步是加强专家组成员与研究者的联系,该重大计划采取以学术交流代替汇报会、专家组成员不定期到现场考察等办法,希望对好的思想苗头或有重大突破机遇的研究建立快速反应(资助)机制,对各项已取得成果能及时进行综合与集成,但目前尚缺乏相应的基金管理办法和行之有效的操作流程。

### 4.3 学科均衡应引起足够关注

加强各相关科学部和学科的协调,注意上下游学科的衔接。有些研究内容虽然学术前沿性看似不足,但实际创新空间仍然很大,只是难度也相应加大。这类项目一旦取得突破,其应用前景通常将会较大。应加大宣传力度,鼓励研究人员针对这类课题开展研究,并营造良好氛围,使这类研究能够得到广大评议专家和管理人员适当的理解和宽容。

### 4.4 后期管理与投入应该加强

该重大研究计划执行了三年,已资助了重点项目8项,面上项目59项,基本上用完第一期投入的4000万元的经费。按重大研究计划的内容要求,第五领域“面向SOC的新材料及新器件探索与集成”投入严重不足,第四领域“用于SOC的小尺寸器件与材料的科学问题”也略有不足,另外第1领域“SOC设计方法学”资助率明显偏低,这些都将根据科学技术的发展适当调整。更重要的是已资助的59个面上项目和8个重点项目急需加强后期管理,重点是创造宽松环境,使创新成果脱颖而出;使有突破前景的项目得以获得进一步资助,如面上项目升

级或集成为重点项目;使思想新颖,目标明确的申请得到快速受理;对无法进行下去的项目实行终止或退出机制等。强化后期管理是实施重大计划宗旨的关键性的保证,为此需要增加经费投入,以保证重大计划的阶段性战略目标得以实现。

## 5 研究计划实施后期的主要内容和阶段性目标

2005年初,国家自然科学基金委员会对第二批重大研究计划试点进行了中期评估,根据中期评估专家咨询组的意见和建议,“半导体集成化芯片系统基础研究”重大研究计划顶层设计的五个科学问题和研究方向仍然符合今后SOC发展的趋势。因此在此框架下,后期两年将继续在下列5个方面进行安排,以保证计划实施结束时,其战略目标能够实现:

(1) 面上项目是源头创新的重要来源,所以将继续受理与支持一批围绕SOC新提出来的、可能包含有新思想、新概念的面上研究项目,以利于该领域的持续发展。

(2) 对于在研项目前期实施过程中已见创新结果、或有望取得国际水平突破者,考虑进一步延续资助,以期确实取得好的成果。

(3) 计划专家组在已经安排的8个重点课题之外,原来还规划过一些重点课题,例如:复杂SOC的时钟恢复;流媒体处理用的多处理器体系结构及设

计方法学;自测试自诊断自修复的SOC可测试性设计;片上网络(network on chip, NOC);研究适于SOC的射频电路用的新器件(有源和无源器件)和相关材料问题等。这些虽是该领域的重要课题,但是在前期实施过程中因为经费有限的原因而未能被设立,应根据追加经费情况酌情选择安排。

(4) 计划指导专家组根据近年来国际微电子和SOC技术发展,认为在该计划遴选出来的五个科学问题和研究方向上已经出现了一些新的课题,还需要选择规划一批新的重点项目。

(5) 在该重大研究计划顶层设计下安排的重点项目基础上,考虑结合信息系统需求设立集成性的重点项目,给予较大的资助强度,在内容相关、成果互补的面上项目成果基础上通过整合取得较大突破,以产生具有显示度的成果,例如:多媒体SOC演示芯片研究等。

中期评估后,该重大研究计划获追加经费1500万元,加上前期节余,尚有可用经费1800余万元。目前的工作重点是如何保证追加经费的合理使用,如何在本期资助结束时,保证重大研究计划的阶段性战略目标得以实现。在SOC的系统集成方法学,综合、验证和测试理论,用于SOC的集成微传感系统,小尺寸器件等方向力争取得突破性进展,在新材料和器件的探索方向上取得创新成果。争取在理论和实验的源头创新上有所突破,提高我国在芯片系统研究领域的整体创新能力。

## PROGRESS ON NSFC MAJOR RESEARCH PLAN “SEMICONDUCTOR INTEGRATED SYSTEM ON A CHIP”

He Jie

(Department of Information Sciences, NSFC, Beijing 100085)

**Abstract** In this paper, the author gives a brief introduction to the progress of “The Fundamental Research about Semiconductor Integrated System on a Chip (SOC)”, which is one of the second round program of the NSFC Major Research Plan (MRP). The management characteristics of the MRP are introduced and the achievements of the MRP after two-year execution are summarized. According to some problems occurred in the execution of the MRP and the metaphase evaluation comments, the author suggests that the management of the MRP during late phase be enhanced and the interdisciplinary studies be encouraged.

**Key words** major research plan, progress, SOC, semiconductor