清華大學 集成电路学院

School of Integrated Circuits, Tsinghua University

自强成就卓越
创新塑造未来

学院成立背景

自 1958 年世界上第一块集成电路发明以来，集成电路已经从实现电路小型化的方法演变为信息系统的核心，支撑战略性产业发展。迄今为止，人类尚未发现可以取代集成电路的其它技术，在整个 21 世纪，集成电路将一直扮演赋能技术的重要角色。集成电路特别是高端芯片是多学科、多领域交叉融合的基础研究和前沿工程技术的结晶，是引领新一轮科技革命和产业变革的关键力量，是国家综合实力的重要标志，是大国竞争的战略制高点。

集成电路人才强，集成电路产业才会强。我国集成电路人才严重短缺，尤其缺少领军人才、复合型创新人才，这已经成为制约我国集成电路产业发展的最大软肋。加快培养紧缺高层次人才，强化集成电路学科发展，才能更好地支撑我国成为集成电路强国。

习近平总书记近年来多次对发展集成电路和人才培养做出重要指示、发表重要讲话。2016 年 4 月 19 日，习近平总书记在网络安全和信息化工作座谈会上指出：“... 核心技术受制于人是我们最大的隐患。一个互联网企业即便规模再大、市值再高，如果核心元器件严重依赖外国，供应链的‘命门’掌握在别人手里，那就好比在别人的墙基上砌房子，再大再漂亮也可能经不起风雨，甚至会不堪一击。”2018 年 4 月 26 日，习近平总书记在武汉考察集成电路生产线时强调：“装备制造业的芯片，相当于人的心脏。心脏不强，体量再大也不算强。要加快在芯片技术上实现重大突破，勇攀世界半导体存储科技高峰。”2020 年 7 月，习近平总书记对研究生教育工作做出重要指示：“坚持‘四为’方针，瞄准科技前沿和关键领域，深入推进学科专业调整，提升导师队伍水平，完善人才培养体系，加快培养国家急需的高层次人才。”2021 年 4 月 19 日，习近平总书记在考察清华大学时强调：“要想国家之所想、急国家之所急、应国家之所需”，“出人才、出成果、出经验、出示范。”2021 年 5 月 28 日，习近平总书记在两院院士大会上讲话指出：“科技攻关要坚持问题导向，奔着最紧急、最紧迫的问题去。要从国家急迫需要和长远需求出发”，要求在高端芯片等方面关键核心技术上全力攻坚。

党和国家高度重视集成电路学科建设和人才培养。2020 年 7 月，国务院学位委员会投票通过设立“集成电路科学与工程”一级学科。

2020 年 10 月，清华大学学位委员会投票通过设立集成电路科学与工程一级学科博士硕士学位授权点。2021 年 4 月，为服务国家重大战略需求，聚焦国家关键领域，加快清华大学集成电路学科的发展，经清华大学第十四届党委第一百五十八次常委会会议讨论通过，决定成立清华大学集成电路学院。

站在新的起点上，我们将秉承自强不息、厚德载物的精神，充分发挥清华大学多学科优势，瞄准国家重大产业需求，想国家之所想、急国家之所急、应国家之所需，聚焦集成电路学科前沿，加强高层次人才培养和开展高水平科学研究 , 为清华大学双一流建设、我国集成电路事业发展和人类社会进步做出更大贡献！

学院建设基础

清华大学集成电路学科发展历程

筚路蓝缕　自强不息

为了培养从事改进电介质发展、
利用半导体等无线电材料的研究工程师

- 1956 年，清华大学设立半导体专业
- 1957 年，清华大学无线电系成立半导体教研组
- 1970 年，清华大学电子厂成立半导体车间

奋发图强 创新发展

为发展以大规模集成电路为核心的微电子学科学技术

- 1980 年 8 月，清华大学成立微电子学研究所

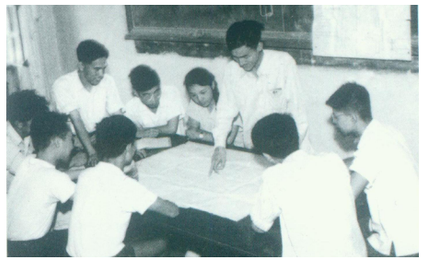
为进一步促进清华大学在微电子与纳电子学科的发展

- 2004 年 3 月，清华大学成立微电子与纳电子学系

迈向新征程

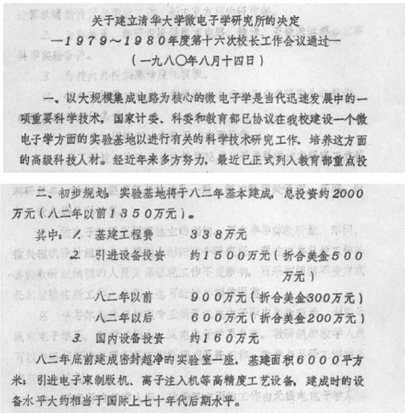
为服务国家重大战略需求，聚焦国家关键领域，
加快清华大学集成电路学科的发展

- 2021 年 4 月，清华大学成立集成电路学院



半导体教研组在进行学术讨论

半导体车间部分同志合影



关于建立清华大学微电子学研究所的决定
—1979～1980年度第十六次校长工作会议通过—
（一九八〇年八月十四日）

一、以大规模集成电路为核心的微电子学是当代迅速发展中的一项重要科学技术，国家计委、科委和教育部已协议在我校建设一个微电子学方面的实验基地以进行有关的科学技术研究工作，培养这方面的高级科技人材。经近年来多方努力，最近已正式列入教育部重点投

二、初步规划：实验基地将于八二年基本建成，总投资约2000万元（八二年以前1350万元）。

其中：1. 基建工程费　338万元
2. 引进设备投资　约1500万元（折合美金500万元）
八二年以前　900万元（折合美金300万元）
八二年以后　600万元（折合美金200万元）
3. 国内设备投资　约160万元

八二年底前建成密封超净的实验室一座，基建面积6000平方米；引进电子束制版机、离子注入机等高精度工艺设备，建成时的设备水平大约相当于国际上七十年代后期水平。

关于建立清华大学微电子学研究所的决定

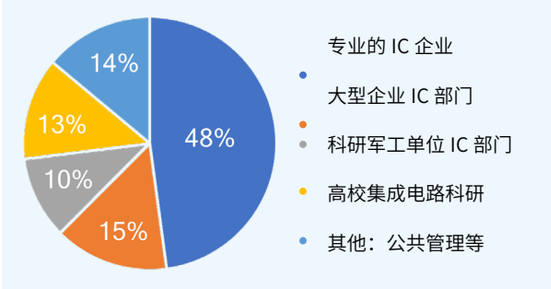
人才培养

清华大学是我国集成电路人才培养的重要基地。坚持真刀真枪地实干，坚持理论联系实践，培养集成电路产业需要的专业人才。许多毕业生投身芯片设计、设计工具（EDA）、制造、装备和材料等各个产业链环节，成长为我国集成电路产业的领军人才。

自 1956 年设立半导体专业以来，半导体专业与微电子所共培养集成电路人才 4200 余人。2017-2021 年，超过八成的毕业生进入集成电路产业和科研一线。

经过几十年的发展，清华大学集成电路相关学科已形成本硕博贯通的人才培养体系：本科生的培养在加强数理基础的同时，注重增强学生解决实际问题的能力；研究生的培养注重建立深厚的学术基础和持续的创新能力，通过“引进来、走出去”的形式加强学科培育与实际产业需求的结合，在提升学生创新能力的同时，塑造学生家国情怀。

半导体专业首届毕业生 34 人（1961 年）



2017-2021 年集成电路相关专业研究生毕业去向

2020 年 12 月，微电子学研究所成立 40 周年纪念活动合影

学院建设基础

人才培养

清华大学集成电路相关学科拥有一支教学经验丰富、科研水平高而且在人才培养上热情投入的教师队伍。教学相长，教师们积累沉淀的教学和科研成果，为我国集成电路学科贡献了许多优秀教材和课程。

部分教材

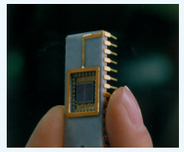
清华大学在集成电路领域的人才培养得到了国家部委的认可：

- 1981 年，全国首批获得半导体物理与器件博士学位授予权；
- 2001 年，微电子学与固体电子学被评为国家重点学科；
- 2003 年，获教育部、科技部批准建设“国家集成电路人才培养基地”；
- 2006 年，首批获得“集成电路工程领域”工程硕士学位授予权；
- 2015 年，获教育部、发改委、科技部等批准建设首批“国家示范性微电子学院”。

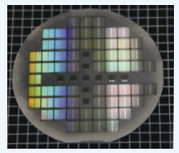
科学研究

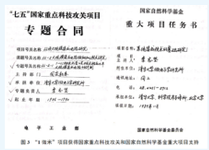
坚持以国家战略需求为导向，清华大学在集成电路相关领域承担了许多重大科研项目，在新材料新工艺新器件、高性能集成电路、EDA 工具、传感器与集成微系统、先进封装和系统集成、集成电路专用装备等重点科研方向上取得了一系列成果。

1990 年，建成我国第一条 1 微米超大规模集成电路工艺研制线，突破西方技术封锁。



1991 年，研制成功我国第一个 1 兆位汉字只读存储器芯片，追平国际先进水平。





1991 年，研制自动红外快速退火炉，突破核心加热腔体技术。

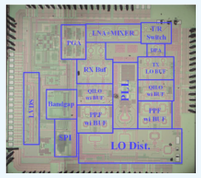
2004 年，自主设计我国二代身份证专用芯片，保障公共信息安全。荣获国家科技进步一等奖。

2006 年，研发兼容单多载波、支持 TDS-OFDM 体制的 LDPC 码，成功推进我国自主制定数字电视标准 DTMB 系统成为国际标准，荣获国家科技进步一等奖。

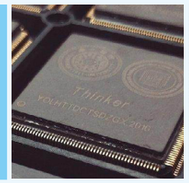
在芯片体系架构领域，率先提出软件定义芯片技术，攻克了计算芯片高能效和高灵活性难以兼具的问题，引领计算架构创新。

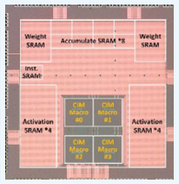
在新型存储器和存算一体芯片领域，突破忆阻器大规模集成关键技术，实现与 CMOS 全兼容的加工工艺，研制出 28nm 忆阻器芯片和首个多阵列存算一体系统。

在射频毫米波集成电路领域，研制了各种高集成度的毫米波通信 / 毫米波雷达系统芯片，包括 60GHz 高数据率通信芯片、77GHz 2 发 3 收雷达系统芯片等。

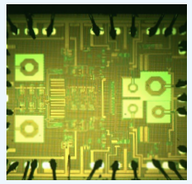


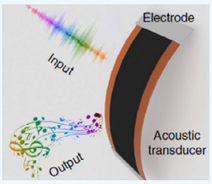
在人工智能领域，研发了能量效率达到世界领先水平的 Thinker 系列神经网络计算芯片，发明了近零功耗非易失计算和高能效稀疏神经网络芯片。

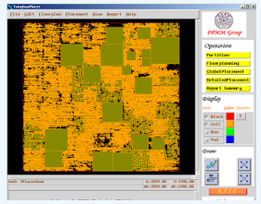




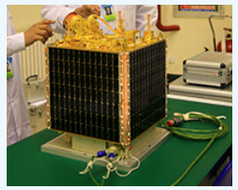
在半导体器件领域，研发了 0.18μm 锗硅 BiCMOS 国产自主工艺技术并成功实现了产业化，开展了基于石墨烯等二维材料的新器件研究，研究了石墨烯人工喉等信号感知和执行等新型器件。



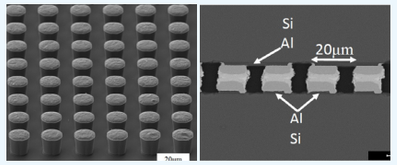




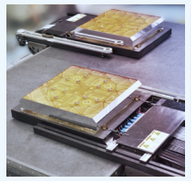
在 EDA 领域，对系统芯片 SOC 设计方法和超大规模集成电路设计自动化技术进行研究，开发了混合模式的布局算法和工具。

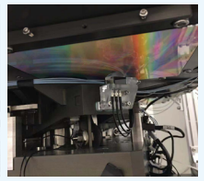


在 MEMS 领域，研发空间光学姿态敏感器微系统、惯性 MEMS 芯片级微系统、MEMS 磁强计芯片及微系统等，应用在国产化卫星星载芯片微系统中。



在先进封装和三维集成领域，研究开发了窄节距的晶圆级铜柱凸点电镀工艺，实现了低温、超短时的 Cu-Sn-Cu 和 Cu-Cu 窄节距晶圆级键合。





在集成电路专用装备领域，研制出我国第一台自主知识产权磁浮平面电机双工件台样机和第一套用于工件台位置反馈的平面光栅测量系统，实现与国际最先进技术架构的同步发展。

在集成电路专用装备领域，研制出国内首台用于 12 英寸集成电路制造的化学机械抛光（CMP）装备，打破了国际垄断，解决了大生产线抛光装备“卡脖子”问题。

学院建设基础

清华大学微纳加工中心

清华大学微纳加工中心是校级“开放式、多目标的科研教学实验平台”，服务于全校各个科研和教学单位，同时向社会开放。中心以服务于建设有中国特色世界顶级一流大学为目标，瞄准世界微纳加工领域技术前沿，致力于产出国内外基础性、前瞻性、特色性的原创成果，成为能够实现重大突破的开放性科研和教学实践育人中心。

微纳加工中心服务清华大学建设有中国特色世界顶级一流大学的目标，在科研方面，支持一流的原创性成果，服务国家重大项目、重大需求的研究；在育人方面，努力培养国内外领先水平的微纳技术领军人才，服务国家人才强国战略。

微纳加工中心在各级领导和产业界的支持下发展迅速，软硬件条件完备而先进，加工与服务水平快速提高。目前，中心拥有超净面积约 1200m2，专业技术人员 30 人，对校内外进行 7 天 24 小时开放服务。随着中心的快速发展，用户数量逐年提升，现已达到 650 余人，其中约 30% 来自校外的科研机构和企业。

微纳加工中心拥有各类设备 200 多台 / 套，具备对 4 英寸晶圆的完整加工、测试、与封装能力，部分设备可以处理 8 英寸晶圆。包括能够加工 10nm 线条的电子束光刻机、多腔室叠层薄膜沉积与测试系统、高深宽比深硅刻蚀机、可进行显微加工的氦氖镓三束离子显微镜、记录动态三维形貌的 4D 显微镜等多种独具特色的高性能设备。中心还有完整的主流 EDA 设计软件，涵盖电路与器件设计的整个流程，提供从系统级到版图级的全套设计工具和验证系统。在此基础上，中心开发了三维灰度光刻与刻蚀、二维材料生长与加工、微流体、圆片级封装等多种工艺模块供用户使用。近年来，校内外用户在微纳加工中心上获得了一批显著的科研成果，包括阻变存储器及忆阻器阵列存算一体芯片、人工反铁磁材料与器件、二维材料光学与电子器件、衍射光学器件等，分别在学术领域和产业界产生了较大的影响。

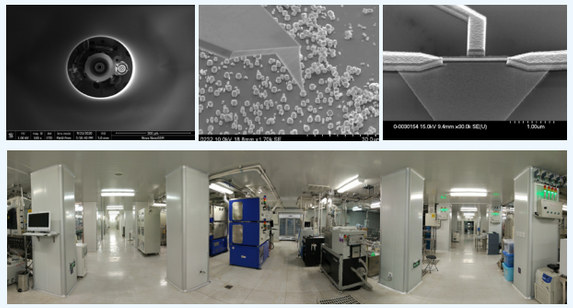
在教学育人方面，微纳加工中心长期提供本科生 SRT 和暑期实践等科研活动机会；支持学校不同院系开设了多门微纳加工与测试相关的实验课程，鼓励学生自己操作先进的仪器设备，实现理论与实践的紧密结合。

微纳加工中心积极服务国家重大项目，包括建设“服务于‘智能芯片 + 智能硬件’双创开放平台”、“北京市未来芯片技术高精尖中心”、“清华大学集成电路产教融合创新平台”。

微纳加工中心重视对外合作交流与科普活动，在对外服务、团队建设等方面获得了多项奖励。

未来，微纳加工中心将不断提升高精尖的科研条件，提高管理水平，建设高水平、专业化技术队伍，使平台成为在“硬件”设施和“软件”水平均世界一流的开放共享微纳技术平台！

平台部分科研工作



北京未来芯片技术高精尖创新中心

2015 年 8 月获得北京市教育委员会批准建设

在北京市的支持下，清华大学在 2015 年成立北京未来芯片技术高精尖创新中心，致力于打造未来芯片领域国际一流的跨学科创新平台。中心充分发挥清华大学多学科优势，汇集了来自集成电路学院、电子系、精仪系、物理系、计算机系、自动化系、材料学院和医学院等多院系、多学科的卓越人才，以人为核心打造创新闭环，聚焦具有颠覆性创新的关键器件、芯片及微系统技术，探索跨学科交叉深度融合的研究模式，推动北京未来芯片产业实现跨越式发展。

搭平台
搭建世界一流的芯片技术支撑平台

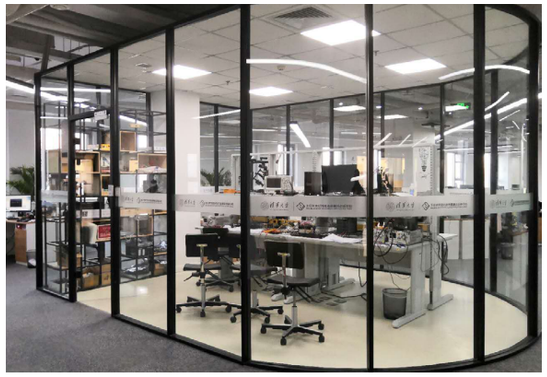
聚人才
汇聚一批领军型的芯片研究团队

谋大事
组织满足国家战略需求的科技任务

创一流
创建世界一流的颠覆性创新成果

机制体制创新

经过六年的发展，中心已汇聚来自清华多个院系的 100 多位卓越人才，建立了 80 人规模的研究型工程团队，取得了从基础前沿到应用研究的一系列跨学科交叉创新突破。探索出一套高校原创核心技术转化新模式，在北京孵化出 10 余家芯片高新技术企业，总估值超过 150 亿，为北京高精尖经济结构转型做出了贡献。



学院建设基础

清华大学国家集成电路产教融合创新平台

2019 年 5 月获得教育部、发改委批准建设

以培养集成电路人才为核心目标，为高校和企业协同开展集成电路领域人才培养、科学研究、学科建设提供综合性创新平台，开展深度产学研合作，服务国家重大战略需求。

依托平台开设了多门实践性课程

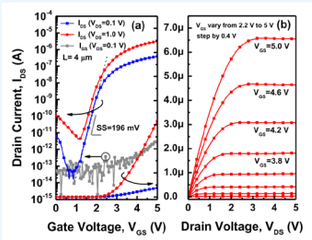
《先进微电子工艺实践》

采用“讲授 + 实验 + 实践”的混合式教学方式，系统介绍 FinFET、GAA、3D NAND、DRAM、EUV、OPC 等先进微电子器件与工艺。

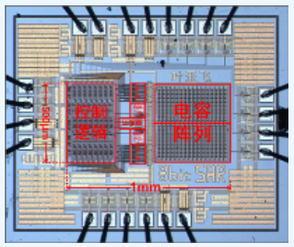
邀请集成电路产业知名专家授课，并安排学生去国内外一流企业实践与学习，利用业内商用的 EDA 工具完成课程设计。

授课内容	授课专家
浸润式光刻	**林本坚** 浸润式光刻发明人 2018 年未来科学大奖获得者
先进器件与实践	**张昕** 中芯国际资深副总裁
工艺设备及实践	**Daniel Liao** LAM 亚太区主席
3D NAND	**霍宗亮** 长江存储副总裁
DRAM	**平尔萱** 长鑫存储副总裁
工艺器件仿真	**颜丙勇** 全芯智造 TCAD 总监

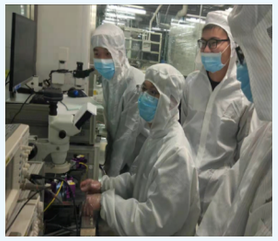
《先进微纳电子器件原理与制备》



《集成电路设计实践》



《微纳电子工艺试验》



学院规划

定位与目标

肩负时代使命，奏响自强华章。清华大学集成电路学院将瞄准国家重大战略需求，聚焦集成电路学科前沿，打破学科壁垒，强化交叉融合，突破关键核心技术，培养国家急需人才，实现集成电路学科国际领跑，更好地服务国家科技自立自强发展战略，支撑我国集成电路事业自主创新发展。

随着集成电路技术与产业的迅速发展，集成电路学科的内涵已经大大扩展，涵盖集成电路设计、制造以及封测等产业核心环节的基础科学及工程问题，构建出复合、系统、开放、交融的理论与知识体系，需要以更广阔的视角进行人才培养和科研攻关。

集成电路学院发挥清华大学多学科优势，探索“1+N”联合机制，实现学科深度交叉融合。

通过兼聘、双聘等灵活务实的用人机制，建设一支高水平教学科研师资队伍。与产业链各个领域的头部企业进行全方位产教融合，面向产业最先进技术和最迫切需求，开展高层次人才培养和高水平科学研究。

抓住集成电路技术代际更新的重要机遇，科学布局学科方向，实现集成电路学科的新突破，在破解当前“卡脖子”难题的同时也赢得未来发展的主动权，支撑我国集成电路事业的自主创新发展。

贯彻“三位一体”教育理念，坚持正确方向、坚持立德树人、坚持服务国家、坚持改革创新，为党育人、为国育才，致力培养更多承担我国集成电路科技和产业发展重任的创新人才。

学院规划

学科方向设置

紧密围绕国家重大需求和集成电路行业关键问题，结合集成电路科学与工程一级学科的特点和发展趋势，拟设置集成纳电子科学、集成电路设计与设计自动化和集成电路制造工程三个二级学科，拟重点发展纳电子科学、集成电路设计方法学及 EDA、集成电路设计与应用、集成电路器件与制造工艺、封装与系统集成、MEMS 与微系统、集成电路专用装备和集成电路专用材料等学科方向，完整覆盖集成电路全产业链。

集成电路科学与工程 一级学科

- 集成纳电子科学
- 集成电路设计与设计自动化
- 集成电路制造工程

纳电子科学

集成电路设计方法学及 EDA

集成电路设计与应用

集成电路器件与制造工艺

MEMS 与微系统

封装与系统集成

集成电路专用装备

集成电路专用材料

……

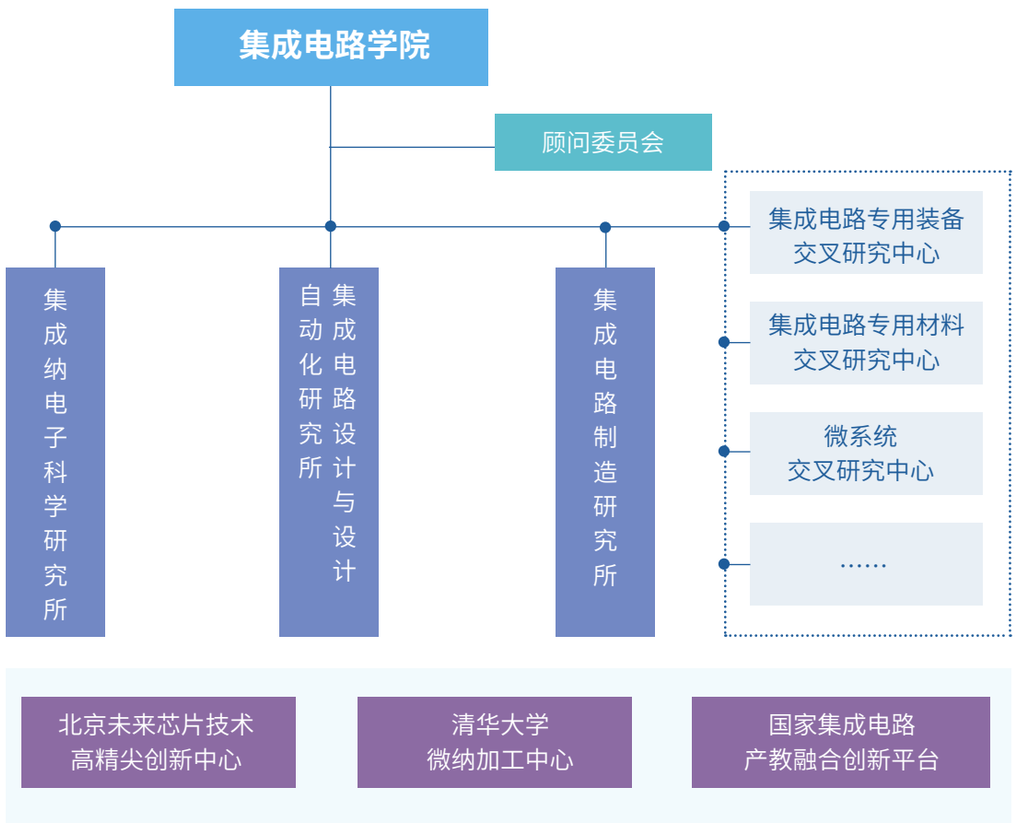
多学科共建

集成电路学科以物理、化学、材料科学等学科为基础，涉及电子信息、仪器科学与技术、电气工程和机械工程等相关工程学科的深度交叉融合，具备深厚的理论背景和鲜明的工程特点。完备的学科配置是清华大学开展集成电路学科建设的关键，多个优势学科的支持是清华大学做好集成电路学科建设的保障。

学院规划

组织架构

集成电路学院下设集成纳电子科学研究所、集成电路设计与设计自动化研究所和集成电路制造研究所三个二级机构，分别承担一级学科下设三个二级学科的建设。同时，针对当今我国集成电路产业急需的集成电路专用装备、专用材料以及微系统等领域，集成电路学院将采用“1+N”联合机制，与相关院系成立交叉研究中心，实现完整覆盖集成电路产业链的人才培养和科研攻关。



人才培养

为党育人 为国育才

为落实习近平总书记对集成电路产业发展和研究生教育的重要指示精神，面向国家重大发展战略和经济社会发展需求，清华大学集成电路学院将坚决落实立德树人根本任务，坚持“四为”方针，贯彻“三位一体”教育理念，为我国集成电路事业培养一批具备扎实基础和交叉学科知识、优秀人文素养、全面均衡能力、又红又专的创新型高层次人才。

立大志　明大德　成大才　担大任

完善本硕博贯通的集成电路人才培养体系。集成电路学院的人才培养包括本科生、专业型硕士生、学术型博士生以及专项博士生等不同层次和类别。本科生培养将采用大类培养和书院培养模式，硕士生和博士生的培养将以高层次创新人才为主。

重塑覆盖全产业链的集成电路课程体系。根据集成电路学科和产业的特点，发挥清华大学多学科优势，构建开放式、模块化、结构化的课程体系，在注重夯实数理基础的同时，建立起覆盖集成电路设计、制造、设计工具（EDA）、装备和材料等产业链各环节知识的课程体系。

创新深度产教融合的人才培养模式。通过聘请产业链各领域头部企业的顶级专家来校开设专业课程、设立联合科研项目等多种方式，形成育人合力，为我国集成电路领域突破关键核心技术，培养和储备一批创新能力强的复合型高层次创新人才做出清华贡献。

自强不息　　厚德载物

1911—2021

清華大學 110周年校庆

110th ANNIVERSARY

TSINGHUA UNIVERSITY

2021 年 4 月版