

亲切，蓬铁权学长为我们留下本文首页这张宝贵的照片。

照片从左至右，物04班郑元芳、物03班顾逸东、物02班孙哲、物05班李武皋。我们4位于1964年考入工物系，当时共有5个班，除了物01班，我们四位正好每班一个“代表”。

照片中，只有我留校工作，工作平庸，没的说是一条“虫”，其他三位出校同学成就卓著，光彩照人，都是“龙”的级别。物03班顾逸东，中国科学院院士，我国空间科学领域的开拓者和奠基者，曾任载人航天工程应用系统总指挥、总设计师。物04班郑元芳，赴美留学获博士学位。

位，1980年代发明美国第一台双腿行走智能机器人，获得美国总统青年研究员奖，成为IEEE Fellow。物05班李武皋，毕业后任教于解放军电子工程学院，后获得清华大学无线电系博士学位，调至总参工作，多次荣获国家、军队高等级科技进步奖，少将军衔。龙也好，虫也罢，我们都是奋斗者，我们都为国家的发展、民族的复兴作出了自己的贡献，没有辜负清华的培养。

国家有“四个自信”，清华也有自信，正如季羨林老学长所说“清华要干的事没有干不成的”，每个清华人也有自信，因为我们有母校给我们的“猎枪”，不但听话出活，而且出好活，无往而不胜！

## CIS，芯片史上清华人的杰出贡献

○王国裕（1982级硕，无线电）

CIS（图像传感芯片）是芯片史上的重要发明，已成为电子信息界不可或缺的“眼睛”，现在也成为我国芯片产业的支撑，年出货量超过全球三分之一。回顾它的诞生和产业化过程，清华校友在不同阶段起了关键作用，可以说CIS体现了清华人的创新创业能力，是清华的亮点、清华的骄傲。

### 进清华读硕

1977年恢复高考，我考进了南京工学院（现东南大学）半导体器件和物理专业。四年的本科学习，我打下了坚实的基础，并以优异成绩考取了清华微电子所硕士研究生，班号为“无研一”，学籍管理归属无线电系。

我的导师是时任清华微电子所所长南

德恒先生，课题为“低噪声运算放大器设计”。清华科研条件较好，计算中心有先进的进口计算机，并配备了一些国际上较新的软件，其中一个电路分析软件名为SPICE。记得好像是计算中心将软件目录发到各单位，我就想到可以用它来“计算”我的运算放大器，加之它有噪声分析功能，也可以通过“计算”找到降低噪声的切入点。那时全校只有计算中心有计算机，我每天下午4点前把手写的程序送到主楼一楼的计算中心，第二天上午去取打印数据，根据结果做必要的调整修改，再重新送计算中心，如此反复多天，完成了我的设计。这个过程后来业界称为“仿真”，可当时并没有这个术语和概念，我和张钟宣等同学凭直觉这样做了。最终的验证是要做出芯片，清华的优势又体现

## □ 回忆录

了，微电子所有一条集成电路工艺线，我导师安排流片当然没有问题。我从画版图开始，制版、流片、封装，得到了运算放大器样品并通过测试，这是我职业生涯独立设计并流片的第一块芯片！

毕业后我回到南工任教，教授“CMOS模拟集成电路”。我讲这门课有一个优势，除了讲理论，还讲计算机仿真，SPICE软件对模拟集成电路设计非常有用，我不仅在课堂上教，还主动在江苏产业界宣讲。我给龙头企业无锡华晶作了讲座，反响较好，一位副总工给予较高评价。南工出版社得知后，主动约稿要我写书。出版的书名为《通用电路分析程序SPICE的使用和应用》，印刷简陋，纸张质量差，售价3.5元，倒还很畅销。再后来，我入选英国文化委员会和香港霍英东先生支持的“中英奖学金计划”，于1987年底来到英国爱丁堡大学做访问学者，为期一年。



1983年香山秋游，无研一班部分同学合影。前排左起：蔡群林、闫鸣生、何杨、王国裕、陈大同、王勇、傅方正，后排左起：韩林、张钟宣、潘翔、李楠、吴晓明、慕丰浩、苏科峰、陈进民、王江林

## 慧眼识珠

访问学者是闲差，一般没有具体任务。我是自己找事做的人，我把所在团队所有的课题捋了一遍，发现有一个CMOS图像传感器件（CMOS Image Sensor，缩写为CIS）的项目有意思。在此之前，用于成像的是电荷耦合器件（Charge Coupled Device，缩写为CCD）。当时认为CMOS工艺不适宜制作成像器件，因而给了CCD发展先机，涌现了日本索尼等专业公司。我分析CCD和CMOS都用半导体材料，本征感光特性没有差别，不同的是CCD增加了新的工艺以提高电荷转移效率，那CMOS可以通过优化放大器来提高放大能力，且“放大”应比“转移”更有效，“放大”的效率可以大于1，就是说CIS应更有优势。我感到片上列放大器的性能是一个关键因素，这方面我有优势，我在南工和清华所打下的专业基础和工作经历特别适合做这个项目。冥冥之中，似乎是深闺中的CIS一直在等我来揭开它的面纱。

外国学校常把课题负责人称为老板，这个团队大老板是丹尼尔教授，二老板是伦肖博士。我在团队研讨会上做了一个陈述，大老板听明白了，很兴奋，当即决定让我来做。我选中了这个并不被看好的冷门题目，大老板选中了我这个初来乍到的外人，都是慧眼识珠。这源于我们对CIS学术意义的共同认识：CMOS工艺普及、便宜；作为IC（集成电路）主



王国裕（右）、陆明莹（左）夫妇与导师丹尼尔教授

流工艺可以制作单芯片成像器件；根据摩尔定律，随着工艺持续进展，CIS性能指标将随之增长。尽管当时CIS一直没有做好，爱丁堡大学本身也没有突破，但我们预言CIS终将超越CCD，信心满满！

说干就干，我在一个陌生的环境开始了一个全新的项目，不知不觉我出访一年快到期，大老板急了，说你不能离开。我也不想中途而废。大老板出面办相关手续，由爱丁堡大学资助我留下来继续研究，考虑到我与家庭分别一年多，大老板又给我夫人陆明莹发了访问学者的邀请。她是我本科同班同学，南工硕士，有数字集成电路设计经验。她加入后，老板又得一员大将，喜出望外。

提高放大性能是最关键的任务，主要由我承担。我还是芯片主设计，版图布局、最终检查和设计提交都是我拍板，我对芯片的特殊感觉和严谨的工作态度保证了设计质量。数字部分则是明莹完成，她来英国前设计电子琴芯片的经验和技巧派上了用场。该项目也成了团队的首要课题，两位老板经常参加讨论。大老板是很好的顾问和决策人，经常提出有见地的意见，在需要权衡取舍的时候，往往是他一

锤定音。二老板则像粘合剂、预备队，在设计曝光控制电路时，曾一度卡住，我和二老板苦思冥想数日，一天早晨不约而同地各自提出了解决方案，两人思路居然一致，所画的电路草图也相似，很令人惊喜。我们四人很是默契，工作起来特别顺畅。芯片设计于1990年秋完成，送去流片。在等待期间，我准备了测试系统，并和明莹去剑桥看望南工同学崔铮博士，我们一起泛舟剑河。

凝聚我们共同心血的芯片终于流片回来，初步测试一下居然没有任何反应，这无疑是当头一盆凉水。我压力山大，把自己关在房间里想了半小时，脑海中突然一亮，捕捉到问题症结，赶快打开计算机，找到这一部分版图检查——就是这里！问题找到了，怎样解决呢，脑海又闪出一个念头，可否在芯片上修复？这源于不久前在剑桥听崔铮提到他们有一个新设备，采用聚焦离子束技术可做精细割断和搭桥，我当时并未在意，此刻突然联想起。我当即赶往剑桥，在火车上构思了修复方案。他们之前没有做过这样的事情，完全是我脑筋一热要试一下。他们很帮忙，按照我的方案，对芯片做了一次“搭桥手术”。在现场用示波器初步测试，芯片竟然“活”了。我赶最后一班火车回爱丁堡，偏偏火车晚点，到英格兰北部城市纽卡斯尔已近午夜，当天没有火车北上，我等不及，便转乘出租车。

司机是一位毛头小伙，他在加油站便利店买了一罐可乐和一个三明治，颇有点远行的意味。我不了解这段路要翻越苏格兰边境的崎岖山路，更没有深夜翻山的概念。上山时正是鹅毛大雪，漫天雪花在大灯照耀下斜线状直向汽车迎面扑来，我

## □ 回忆录

一生没有见过这样猛烈的大雪！黑夜中，上山下山个把小时，我们没有见到另外的车和人，只有我们这一辆孤车，只有扑面的雪花和道路两旁被大雪压迫得低垂的树枝。当时满脑子都想着芯片和下面的测试，现在回想起来倒有点后怕，并挂念那位司机回程是否平安。下半夜回到爱丁堡家中，稍事休息，天亮便去学校。后面的测试顺风顺水，一气呵成。这是世界上第一个用CMOS工艺制作的单片CIS芯片，是集成电路历史上一个重大技术突破。

回顾这惊心动魄的两天，紧张时刻是我半小时“想”出了问题所在，居然又想到“搭桥手术”，使之起死回生。这些看起来偶然，然而又是必然的，因为我把这个芯片吃透了，每一个单元都烂熟于心。搞集成电路就必须有我这样成竹在胸的人，否则命运就不在自己手上，任何一个细节失误都会导致芯片全局失败。

1991年5月，我在巴黎Euro ASIC 91学术会议上首次报告了我们的单片CIS芯片，获得会议的“最佳电路奖（Best circuit）”。下半年，我又写了一篇关于自动曝光电路和算法的论文，投了ESSCIRC 91学术会议，被评为“最佳论文（Best paper）”。连续两篇论文在国际会议获奖，可见学术界对CIS进展的看重。

### 产业之路

CIS技术突破亦引起企业家和投资界的关注。爱丁堡大学很快获得一笔投资，成立了VVL公司，推进产业化，我是首任芯片设计部经理。而在世界各地，更多的人介入了CIS的研发。CCD王牌日本索尼公司也开始了CIS的工作。1994年我回国创业，与西安交大开元集团合作，开发



陈大同



虞仁荣

了高分辨率CIS和彩色CIS及应用产品。我还积极宣传CIS，希望更多人知晓。一位旅居美国华人洪先生看到我的材料，找了陈大同、张钟宣等清华校友，在美国成立了豪威公司。这几位同学应该知道我在爱丁堡大学的工作，但不一定了解豪威公司第一手资料来源于我。我还建议台积电开发彩色CIS工艺，此事就更无人知道了。VVL公司后来获得了欧洲SG微电子公司的投资。科技部依据我写的材料给重庆光电技术研究所数千万元的科研经费，这在当时是巨款。全球多家公司的参与和竞争，推动了CIS技术进展，包括有源像素、信号放大和数字化、片上彩色膜和微镜头、背照及减薄、叠堆等关键技术。

得益于智能手机的问世，2005年左右CIS市场开始爆发。智能手机需要低功耗小体积的成像器件，CIS是唯一选择，CCD由于体积和功耗大不能胜任。CIS不仅用于数码相机、智能手机和电脑，也用于交通管理、智能监控等方方面面，近年来AI新应用层出不穷。随着市场的扩大，中国企业逐渐占据了CIS产量的主要份额，成为大陆芯片产业最大的一块蛋糕。陈大同在校友虞仁荣（1985级无线电）的支持下，参与了资本运作，使得美国豪威

公司回归大陆，虞仁荣的韦尔股份成为其最大股东，陈大同曾任董事长。在他们的努力下，国产CIS芯片出货量大增。凭借CIS业绩，虞仁荣跃居大陆芯片首富，2025年参加了习近平总书记出席的民营企业家座谈会，引人瞩目。校友张立新另辟蹊径，与中芯国际合作，主打低端市场，也取得不错的效益。徐辰等校友经营CIS也很成功，有数家公司上市。

虞仁荣、陈大同等校友的产业贡献居功至伟！与他们相比，我做产业的能力不行。有人说“自己发明却让别人赚钱，说明他们没本事”，有校友当面笑话我是loser（失败者）。在此我做些解释，首先，我没有失败，我在国内率先推出当时最先进的CIS芯片，并开发了多款应用产品，我个人曾受到国家和省市重奖和表彰，公司也不亏本。最主要还是时机，正所谓“来得早不如来得巧”，我们投资有限，没有坚持到CIS市场爆发。搞芯片太烧钱了，加之世纪之交EDA硬软件都要更新，资金压力太大，股东会决定见好就收。

所谓发明不赚钱的观点在国内还是比较普遍，我也有必要澄清。科学家和企业家有着不同定位，绝大多数诺贝尔奖得主都没有发财，“光纤之父”高锟教授并没有涉足光纤产业。科学家的成功是把自己的研究成果贡献社会，让更多的企业盈利。我们国家并不缺少有能力的企业家，而搞原创的科学家寥寥无几。能进清华的都是高材生，智力超群，唯原创是人类智力天花板，取得原创成果是科研人的最高追求。华人在电脑、手机和芯片领域鲜有重大原创贡献，CIS由大陆学者首先取得突破，是一个难得的标志性成果，展示了



2023年王国裕回清华作讲座

清华人的学术水准，也为校友企业家们提供了舞台。

当CIS形成规模后，其竞争元素主要是资本和市场方面，技术创新的成分相对减弱。我更喜欢做前人没有做过的事，转向研究新的集成电路设计方法，用新方法实现了性能最好的DMB基带解码芯片，并开辟了DMB新应用，我定义为DMB+（中文俗称宏信）。我的这些工作都具有探索性质，兼有学术意义和市场价值，只是尚未被认识。我体会做原创最大困难不仅仅是技术方面，更在于孤独。2023年我回清华作讲座，题目便为“时髦的口号，艰难的历程”。这些年，我常在高校作讲座，讲创新、讲芯片、讲理想，乐此不疲。我总挑明我是国内培养的，尽管那时条件不好，但我回国时单兵作战能力超强，更可贵的是创新的愿望和冲劲。现在条件好了，可很多企业和从业者甘当老二，满足于跟随、“对标”，我不赞成这种被动的战略定位，我相信中国应当对于人类有较大的贡献！

## 载入史册

图像是人类最重要的信息类别，100多年前发明的照相机很快风靡全球，我们

## □ 回忆录

年轻时，大街上到处可见柯达、富士胶卷和洗印店。曾几何时，胶卷及胶卷相机渐渐消失，CIS和CCD一起干掉了传统相机和胶卷。为此，我们因CIS于2008年获兰克奖，2009年CCD发明者获诺贝尔物理学奖。

兰克奖的组织者是位于伦敦的兰克奖基金会。英国大企业家兰克勋爵1972年去世前拿出一笔基金，设立了兰克奖，用以奖励在光电子与营养学领域作出重要贡献的科学家。兰克奖是由全球知名科学家所组成的两个专家委员会遴选，具有相当的权威性，已经成为与图灵奖、菲尔茨奖等齐名的国际科学大奖。获得过兰克奖的华人科学家有“杂交水稻之父”袁隆平、“光纤之父”高锟等，高锟后来又获诺贝尔奖。

兰克奖知名度不及诺奖，是否意味着CCD科学意义更大呢？其实不然，就在它们分别获奖时，二者已经分出了高低，如今CIS一枝独秀。以CCD的获奖作为参

照，说明CIS也是诺奖级别的成果，而且诺奖并没有改变CCD的颓势。

由于各种原因，国内很长时间不太了解我和陆明莹对CIS的原创贡献。2022年传统七夕节前，网上出现了署名为科技老兵的文章，讲述了我和明莹的爱情故事和学术成就，颇有反响。作者进一步考证史料后又发表另一篇大作，题为《CMOS图像传感器35年史和中国人的关键贡献》。这篇长文对胶卷照相到数码相机的进化、CCD与CIS的换位、CIS的发展史做了详尽的介绍，兼有科普和专业性。此文更深入地讲述了我和明莹在爱丁堡大学的科研和回国创业的经历，又分别介绍了在CIS产业取得成功的大陆企业及代表人物，他们基本上是我清华和南工的校友。无独有偶，华人学者汪波博士的《芯片简史》2023年出版，其中有我们团队所开发的CIS和获奖的内容，特别指出我和陆明莹是来自中国的学者。

读了这些文章我也是感慨万千，2023年秋写了一点感想，发到南工同学武夷山的科学网博客上，他加了一个极传神的标题“人生得一真成果足矣”：

能够在有生之年看到CIS在世界和中国的巨大成功，我非常高兴且得意，我也为自己的大格局骄傲。20世纪90年代我大力宣传动员同行搞这个，我的论文写得详尽，是后来者的入门指南。有人不理解，说应该保密、垄断。可垄断能做这么大吗？只有众人拾柴火焰高，才会有现在的大局面。至于我自己，更适合做研究，所以我逐渐回归了学者角色。 2025年10月于重庆



CIS 团队获兰克奖，2008 年，伦敦。左起：布鲁斯勋爵（英国议会上议院科技委员会主席、剑桥大学原副校长），王国裕、陆明莹夫妇，伦肖博士，丹尼尔教授，塞尔伯恩勋爵（英国议会科学与技术基金会主席、“王爷”身份）