

梅绽千峰 花香其骨

——记浙江省特级专家、浙江大学求是特聘教授

叶志镇

发布日期：2010-4-28

点击次数：226

氧化锌，已在许多领域有了广泛应用，但它作为半导体发光用途，却是一种新型光电材料，有许多科学难题亟待深入研究解决。三月的一天，记者来到坐落于杭州西子湖畔的浙江大学玉泉校区。见到浙江省特级专家、浙江大学求是特聘教授叶志镇之前，我们了解到，他二十多年如一日，坚持在氧化锌（ZnO）材料物理、制备技术和光电应用领域积极探索，做了大量系统性的原创工作。如今，他在 ZnO 领域的相关研究成果已获得国家自然科学基金二等奖 1 项、省部科技一等奖 2 项、二等奖 3 项等，发表国际期刊（SCI 收录）论文 200 多篇，著作 2 本，授权中国发明专利 43 项。他的学术论文被国内外同行正面引用 3300 多次，有力地促进了国际 ZnO 研究的进展，为我国自主发展 ZnO 产业奠定了重要基础。如今叶志镇已经是国际 ZnO 研究领域享有盛誉的专家，而他的目光却不止于此，他还时刻关注着国家节能减排重大战略；他的目标是将具有我国自主知识产权的节能环保廉价的 ZnO 发光照明器件在不久的将来走进千家万户。

梅花香自苦寒来：来自浙南山区的学子

1955 年，叶志镇出生于浙江平阳县（今苍南县）的一个小山村。

在那个偏远而贫穷的小山村，叶志镇度过了他的少年时代。时逢“文革”，“读书无用”的观点大行其道，正常的教学秩序业已瘫痪，求学中的叶志镇被迫两度辍学。然而，完全放任自流的时代并没有让他对自己放松要求，虽然对未来，难免有迷茫和困惑，但他从来没有放弃过学习，常常利用业余时间刻苦攻读。即便是后来参加了工作，无论是当农民、做中学教师，还是担任区政府的青年干部，他始终都保持着对知识和文化的向往，保持着广泛阅读的习惯，这种习惯开阔

了他的视野，帮助他形成了自己的人生观和价值观，也坚定了他的“大学梦”和“科学梦”。他相信，有朝一日，知识总是能有用武之地的。

事实也正如他所愿。随着 1977 年春天的到来，“国家恢复高考制度”的消息也随着春风而来。机会总是垂青有准备的人。叶志镇多年的学习积累终于为他播种下希望。那一年，他以优异的成绩考入浙江大学电机系，开始了他的大学之旅——1981 年获学士学位，1984 年获硕士学位，1987 年获博士学位。十余年的学习，他以勤恳为犁，在浙江大学这一片沃土上辛勤耕耘。留校工作两年后，现实工作中的各种问题又令他向往开阔的国际学术舞台，1990 年，被授予包玉刚留学生奖学金的他，以访问科学家的身份远赴美国，前往麻省理工学院电机系学习。

麻省两年，对于国际半导体薄膜前沿，叶志镇有了深入的接触。学成之际，麻省理工学院有教授以高薪和良好的科研环境挽留于他，都被他一一谢绝。这个从山村走出来的青年，依旧有着山村的质朴，“是国家出钱培养了我，回国效力，天经地义”，被问到回国之际的想法，叶志镇如是说。他所期望的，原本就是用自己的所学知识，取得创新成果，为祖国尽一份自己的力量，这只山沟里飞出的“金凤凰”终于在涅槃之后飞回了养育他的故土。

回国之初，浙江大学的科研条件十分困难，叶志镇勇于迎接挑战，与中科院沈阳科仪中心合作，针对我国纳米薄层晶体材料制备装置落后制约了材料发展的现状，发展了低温外延技术，自主研发了具有实时监控功能的超高真空化学气相沉积（CVD）设备，这是我国第一台相关设备，起到了标杆性作用。随之，又研发了新颖高真空金属有机化学气相沉积（MOCVD）设备等，而其自主研发的系列高真空 CVD 设备也在全国 60 余家重要科研单位得以推广应用，满足了国内对硅基和化合物纳米薄层材料可控生长的要求。

因为工作业绩突出，为我国自主发展 ZnO 产业奠定了重要基础，他曾先后获评为国家重点实验室全国先进工作者、被授予“金牛奖”，浙江省首批“中青年学术带头人”、浙江省有突出贡献中青年专家和

浙江省特级专家，并入选国家教育部“跨世纪优秀人才”和国家“百千万人才工程”培养计划。一路走来，叶志镇甘于科研路上的寂寞，从不轻言放弃，仿佛梅花，历尽苦寒的考验，方有清冽的芳香。

梅花傲雪一枝独秀：从 ZnO 研究起步

ZnO，是他一生从事的科研领域，也是他一生化不开的情缘，成就了他关于科学的梦想。

从专业角度，ZnO 是一种多功能材料，在许多领域有都广泛应用。利用 ZnO，可以研发透明导电薄膜，在太阳能电池透明电极等节能技术领域将发挥得发挥重要作用；可以研发 ZnO 纳米材料，通过其形态与功能的丰富多彩，推动纳米材料科学与应用研究的不断发展；还可以研发成一种新型光电材料，解决半导体节能发光的关键问题。随着科技的发展和时代的进步，ZnO 也逐渐渗透到许多新兴领域，用于排解各种亟待深入研究的科学难题，尤其是 ZnO-LED 在发展节能减排、低碳经济方面的发光节能应用前景，现已被越来越多的研究者所看好。

“万花敢向雪中出，一树独先天下春”，凌冬独开，又报尽春机。在 ZnO 研究上，叶志镇教授课题组也是一树迎风傲雪的梅，从一片苍茫中亮出自己的色彩，成为国际上较早开展 ZnO 光电材料研究的小组之一，而叶志镇本人，对 ZnO 研究也已经钟情了 25 年之久。

还是在 1985 年，叶志镇在浙江大学进行博士研究时，就已经开展了 ZnO 薄膜掺杂与光电应用研究。他提出的 ZnO 掺铟制备透明导电薄膜，因其工作具有明显的创新表现，被授予 1988 年浙江省科技进步奖。此后，他还探索了掺 Al 制备透明导电薄膜，取得阶段性进展。最近，为了获得性能更好的薄膜，他又选择了以 Ga 作为掺杂元素，该薄膜的成功制备，不仅标志着我国 ZnO 薄膜的光电性能走向国际前列，还为太阳能电池等提供了高效透明电极，使其节能技术得到更加充分的发挥。

在他的科研生涯中，作为学科带头人，叶志镇始终站在 ZnO 研究的最前沿，多次获得国家“973”项目中有关 ZnO 光电材料课题、国家自然科学基金 ZnO 重点项目和 ZnO 重点项目群项目，以及国家科技部

ZnO 产业化创新基金等重点项目的支持。其间，他不断拓展研究角度和思路，ZnO 薄膜掺杂与光电应用研究之外，在 ZnO 低维结构材料的可控制备及场发射方面，也做出了很大成绩。如在不催化、可控生长的条件下，他研制出硅上垂直排列六方单晶 ZnO 纳米管，进而可控生长出尖锥状 ZnO 纳米线阵列和 ZnO 量子点等，并且从理论上揭示了其生长机理。其中，场发射增强因子位居国际先进水平，而他们的项目“基于纳米管、纳米线等低维结构材料可控生长与应用基础研究”获 2007 年浙江省科技一等奖。

随着叶志镇 ZnO 研究工作的深入与拓展，不断有优秀青年学者加入团队，他的这株“梧桐树”终于引来了越来越多的“金凤凰”。目前，在他所带领的研究团队下，已拥有 9 位教师——其中 3 位教授，且教师中绝大部分是留学美国、英国和日本归来的年轻博士，以及 40 多位在读博士生、硕士生。他们分工明确，合作无间，整个课题组高效运转。在叶志镇的带动下，他们不断创新，成果迭出，逐渐成为在国际 ZnO 材料研究界充满活力、颇具影响的研究团队之一。

梅花报春：绿色照明新蓝图

在 ZnO 薄膜掺杂与光电应用领域研究多年，“绿色照明”已经成为叶志镇的一个重要追求。

据介绍，作为国家重点发展产业，半导体发光二极管（又称 LED）以节能、环保、寿命长三大特点著称。目前，市场上大量使用的蓝光 LED 其芯片材料以半导体 GaN 为主，而当 GaN 被制成 LED 时，首当其冲的便是 p 型掺杂之难题。从国际范围上讲，日本和美国在 GaN-LED 领域拥有无可争议的先机，从材料生长、p 型掺杂，一直到 LED 制备，两国在一系列核心技术方面拥有完全自主知识产权，这种技术上的“垄断”也为其他国家发展 GaN-LED 产业带来了困难，极容易陷入受制于人的窘境。此时，科研工作者们另辟蹊径，发现 ZnO 的许多特性都与 GaN 极为相似，更重要的是，ZnO 还有着 GaN 所不具备的优势：物产更丰富、原料价格低廉、加工费用低、对环境比较友好、不易造成污染、生物兼容性强等。根据各方面分析，ZnO 都具有很大的潜力，

那么，它能为下一代节能低成本的绿色照明核心材料么？答案是肯定的！经过研究，科研工作者们发现 ZnO 完全可以用做紫蓝光 LED，且常温电注入受激发射紫蓝光特性更好！更重要的是，在 ZnO 研究上，我国与国际是同步的，并拥有核心技术方面的自主知识产权！叶志镇课题组就是由国家“973”、国家自然科学基金重点项目等支持，在国际上较早开展 ZnO p 型掺杂的研究小组。

与 GaN-LED 研究一样，叶志镇教授课题组在研制 ZnO-LED 时首先碰到的难题也是 p 型掺杂。

“ZnO 掺 N，由 N 替代 O，可制备出 p 型 ZnO。”看上去，这个制备过程似乎十分简单，但是究竟如何提高 ZnO 中 N 的固溶度，以制备空穴浓度较高的 p 型 ZnO 呢？经过多方验证，叶志镇先后提出了多种新方法。

2005 年，他们首次报道了采用 MOCVD 方法结合混合源 N 掺杂技术，研制出 p 型 ZnO 以及 ZnO-LED 原型器件，其室温电致发光性能优于同期日本分子束外延（MBE）掺 N 法！

2006 年 12 月，美国波士顿 MRS 秋季大会，作为两名被邀专家之一，叶志镇在首届 ZnO 专题会议上作了邀请报告！

从 ZnO 材料制备、p 型掺杂到 LED 研制的核心技术，叶志镇课题组获授权中国发明专利 30 余项，拥有自主知识产权！

从此，在国际 ZnO 舞台上，叶志镇课题组关于 N 掺杂的基础研究工作被公认为具有原创性，对当时国际 ZnO 研究具有推进作用，他对 ZnO 发光研究的前景也进一步明朗起来。当然，任何事物的创新和发展，都是不断挑战、不断超越的过程。对叶志镇来说，正是这种在困难面前从不低头、“万事敢为天下先”、不断开拓的勇气和能力为他带来了科研上的飞跃。

近年来，叶志镇又发明了 Na 掺杂方法，由 Na 替代 Zn 制备 p 型 ZnO，在国际上首创了 Na 掺杂 ZnO-LED 新技术。2008 年 6 月，在美国电子材料 50 周年国际大会上，叶志镇第一个报道了发紫蓝光的 Na 掺杂硅基 ZnO/ZnMgO 多量子阱 LED。2009 年，他们提供的 4 批 22 个样品通过了

信息产业部专用材料质量检验中心（CMA，国家检测法定单位）和美国 ZnO 研究专家 DC Look 教授的检测。结果显示，他们的 p 型 ZnO 薄膜“空穴浓度为 10^{17} — $10^{18}/\text{cm}^3$ ，最高为 $1.26 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ，指标为国际先进”。这项技术为获得性能更好的 p 型 ZnO 开辟了一条新路，是对 ZnO 的 p 型掺杂技术的新突破。同年，他们还获得了 Na 掺杂 ZnO 同质 pn 结 LED 长时间发出高亮度光的结果。一系列的理论和实验研究均指向同一个结果——Na 掺杂 p 型 ZnO 的空穴浓度和稳定性比掺 N 的更为优越！

这些最新的研究，有力地促进了国际 ZnO 发光研究的进程，同样得到了国内外同行的高度关注。2009 年，国家自然科学基金委对“九五、十五”期间第一个“光电信息功能材料”重大研究计划结题时的成果进行了评选，他们的工作当选为五个亮点成果之一。

谈到自己的创新性研究，叶志镇对“创新”之概念颇有所感，他认为，创新作为一个国家、一个民族发展的动力，已经成为国人的共识。但具体到他本人，创新应该是一个系统，包括三个环节：即知识创新、技术创新和产品创新。三个环节，环环相扣，形成一条创新链，创造出价值，才能利国利民。这种创新观，帮助叶志镇开启了事业的另一种可能。

目前，叶志镇已着手把 ZnO 研究向产业推进的计划，向着 ZnO “蓝光宏图”迈进。利用发明的核心专利，叶志镇课题组与知名企业进行合作，创建起杭州兰源光电材料有限公司。这是一家从事 ZnO-LED 开发的科技公司，已获得国家科技部产业化创新基金支持，在产、学、研一体化的模式下，他们将从 ZnO-LED 开发过程中做到知识创新、技术创新和产品创新相结合，形成较完整的自主知识产权价值链，最终以实现科技成果产业化为目标，以造福社会。

为了实现这个目标，叶志镇已做出详尽的规划。他认为，首先要在科学上深刻理解 ZnO 中杂质、缺陷行为并加以调控；其次要在技术上突破高效稳定 ZnO 的 p 型掺杂方法，获得实用化的技术；最后，研制出高效 ZnO-LED，争取环保节能、低成本的 ZnO-LED 产业化早日实现。

说起来容易做起来难，叶志镇也深知目前的 ZnO-LED 的研发尚未达到 GaN-LED 的水平，要想实现产业化困难重重，但为了实现国家 LED 产业的自主创新，实现 ZnO 绿色照明的梦想，他表示，将和他的团队义无反顾地走下去。

恬淡如梅 生生不息

从 1978 年春到 1987 年冬，叶志镇在浙江大学度过了十年寒窗。博士毕业后，他就在硅材料国家重点实验室从事半导体薄膜教学与科研工作，迄今已 22 年。人的一生，又有几个 22 年呢？

有人曾说，如果选择北京、上海等地更好的科研单位，叶志镇的事业也许会有更大的发展。但是，叶志镇心底却从没有在意过这个“如果”，在他看来，浙江大学是培养他科研生命的摇篮，也是为他提供施展才华的舞台，他经常说：“羊跪乳，鸦反哺，浙大培养了我，材料系成就了我，我是怀着一颗感恩的心在工作。”正因如此吧，所以即使在最困难的时刻，他也从来没有想过要离开。

硅材料国家重点实验室成立于 1985 年，原名为高纯硅及硅烷实验室，是国内首批建立的国家重点实验室之一。1991 年底，因为成果少、人才少，面对第一次国家评估时，就遭遇了“黄牌警告”。叶志镇的同事回忆说，“最初课题组的资源并不充足，很多设备需要进口，耗资很大。没有设备就没有基础，这意味着要比普通的半导体材料需要更多投入。”1992 年，叶志镇由美国麻省理工学院学成归来，临危受命，出任该实验室副主任一职，挑起了教学科研与管理两项重任。

面对当时的种种危机，叶志镇没有退缩。多年的学术积累和磨砺，令他充满了意气风发的自信。那时候，他总是及时向学校汇报他的建设思路，从学校、浙江省，甚至国家为实验室争取各种资源。就这样，在他的不断坚持和推动下，实验室半导体薄膜研究起步了。短短两三年间，他将麻省理工学院的经验与浙江大学的实际相结合，取得了很好的成效。1994 年，该重点实验室创建十周年之际，叶志镇晋升为教授，被评为全国先进工作者并获“金牛奖”。还是这一年，由于原来实验室名称涵盖的研究领域太窄，实验室正式更名为“硅材料国家重

点实验室”。

正当实验室的发展风生水起之时，新的波折又落到了他们的头上。到1996年，虽然实验室工作有了很大的发展，但由于研究骨干人员缺乏、研究领域不宽等原因，在对全国材料与工程领域的29个优良实验室进行的第二次评估中，该实验室排名第26位，而在其之后的三个实验室都被“红牌罚下”，该实验室也险遭落马。

第二年，叶志镇开始担任硅材料国家重点实验室主任。在阙端麟院士的支持下，从硅单晶到半导体薄膜，再到复合半导体材料，该实验室研究领域逐渐得到拓展；国际期刊发表学术论文数量也从几十篇增加到几百篇；发明专利从几个增加到几十个。到2003年，第三次评估时，“留用查看”的硅材料国家重点实验室不但没被淘汰，而且在同行排列中前进了多位。到2008年评估时，该实验室已拥有了两项国家自然科学二等奖，又向前迈进了一大步。2009年3月，叶志镇辞去了国家重点实验室主任的职务，从临危受命到卸任的12年间，实验室从险些取消到站稳脚跟、全面发展，公正地说，他为这个实验室的发展和建设作出了不可磨灭的贡献，也为国家半导体材料的发展做出了成绩。

“作为实验室领导，他意志坚定，对他认为正确的事情非常坚持，同时他也善于集思广益，无论是写课题申请，还是平时工作中，都非常重视大家的意见，包容性很强。”在采访中，同事们都认为半导体薄膜研究的发展得益于叶志镇的做事魄力和人格魅力，认为正是这种感召将大家凝聚在了一起。作为一支团队的领头人，叶志镇很重视团队的整体建设，一方面从事业发展的需要出发，致力于实验室研究领域的拓宽，一方面以开放的胸怀关怀青年人才的培养。“有家境不好的学生，叶老师给他们讲撒切尔夫人的例子，鼓励他们不要抱怨出身和父母。学生的新年联欢，社团活动，只要邀请了叶老师，他就必定出席，不仅准备热情洋溢的发言，有时还会很大方的表演节目。”提及叶志镇，他的学生们这样说。

而在担任国家重点实验室主任的同时，从1999年起，叶志镇就开始担任浙江大学材料与化工学院副院长。2009年，浙江大学对院系结构进行了调整，他又被委任为浙江大学材料系主任。此时，作为我国高校中第一个的创立材料科学与工程学系，成立于1978年的浙江大学材料系，已历经30余年的发展，成为国内一流的学科。身为材料系新任掌门，叶志镇上任伊始，便提出了“两高一低”——即“高效率转换、高密度存储和低损耗传输”的节能减排新能源材料理念，正信心十足地带领浙大材料系的教授们，在瞄准学科发展国际前沿，围绕国家能源和安全重大需求、服务地方经济建设、培养一流人才等方面做好文章，做大文章，为把浙大材料学科建成国际一流学科而努力奋斗着。

采访手记：

二十五年的艰辛在我们谈笑中一一闪过，一个具有崇高理想、坚定信念、宽广心胸和淡定气度的叶志镇教授在我们脑海中愈发清晰。

浙大后面的“品梅苑”。一朵朵粉红色的小小梅花，清新淡雅，绽放在虬曲的枝头，一阵微风下，一些花瓣在空中飞舞，更多的则在枝条上纹丝不动。不似牡丹那样华贵艳丽，也不像秋菊那样千姿百态，没有绿叶的陪衬，却在散发出缕缕幽香。杭州梅花，从容、淡定、坚贞，素有“四海无同类”的美名。小小的花朵，即便承载着严寒和风雪，也依旧旁若无人地盛开。

想想叶志镇，无论担子多重，他坚韧不拔、百折不挠；无论成就多高，他依然那么朴实、平淡、与人为善。在所有的喧嚣都散尽之后，他就像一枝梅花默默绽放，暗自吐香，没有什么炫耀，向人们送来春的气息，而他自己，也在默默奉献中追寻新的更高目标，在芬芳满园中变得更加丰富、更加淡定。

那是梅的风骨，亦是他的风骨！