

追光逐梦： 探寻玻璃奥秘的浪漫人生

光电科学与工程学院 邱建荣

玻璃，一种在有序无序中无限变幻的神奇材料，让邱建荣教授 40 多年的科研路上体验了有限的孤独和无尽的快乐。2023 年 3 月，邱建荣团队发现的飞秒激光诱导复杂玻璃体系微纳结构形成的新机制入选 2022 年度中国科学十大进展。这一重大成果的取得要从邱建荣与玻璃的结缘说起。

漫漫求学路 拳拳求是心

1979 年，15 岁成绩优异的他成为当时村里第一个“跃龙门”的大学生，考入当时以玻璃和陶瓷、皮革和造纸闻名的全国重点大学西北轻工业学院（现陕西科技大学）的日用玻璃专业。不曾想，这竟然成为他一生的事业。在大三的时候他偶然读到日本学者撰写的日文版《玻璃手册》，成为他坚守信念的转折点。原来玻璃材料有如此奇妙多变的特点和广泛神奇的应用，于是他立下宏愿一定要“见见那些在教科书上才能看到的人物和技术”。正是基于这一单纯而又好奇的想法，本科毕业后他选择继续深造，考入了当时的武汉建材学院（现为武汉理工大学）。后出国进入日本冈山大学进一步攻读博士学位，主要研究磷酸盐玻璃的结构和光学性能。十六年的海外学习工作生涯，为他事业的发展奠定了坚实基础。

忆及海外的生活，他始终忘不了对其本人具有极大影响力的两件事情。一个是 1995 年一个偶然的机会，他得到推荐参与了由日本京都大学平尾一之教授领衔的日本科技厅创造科学推进事业（ERATO）项目，团队由东大、京大等名校毕业的日本国内外精英组成，让出身非名校的他倍感压力，一度曾陷入了极度焦虑的“抑郁状态”，甚至去实验室都产生了抗拒情绪。经过一段时间心理调整后，他重新振作投入团队，经过观察、分析和思考，在仔细研读《荧光体手册》后，他选择了比较冷僻的光激励和长余辉发光材料研究领域，一头钻进实验室，不分昼夜。终于成果频出，创造了多个第一，首次实现了具有长余辉和光激励发光的玻璃，成果被日本经济新闻等报道。他在美国《应用物理快报》、《美国陶瓷学会杂志》、《非晶态固体杂志》上陆续发表了多篇学术论文，最多的一年，发表了八篇学术论文，并被广泛引用。也正是那个时候，他开始接触到飞秒激光并被它的神奇所吸引，进入了这个神奇的领域。



第二次难忘经历是到康奈尔大学应用与工程物理系访学期间，他接触到了第一代飞秒激光器，“需要一个一个零件进行调试，自己并不擅长，过程非常痛苦”，也是在那里，他再一次接触到了更多来自世界各地的优秀学者，他们的聪明智慧和阅历见识深深地影响了他，那段经历最大的感触便是“走出已有的‘舒适圈’，敢于尝试和体验不同的领域，只有这样，才有可能擦出创新的火花，迈上一个新的台阶。”

正是这一些特殊经历，使得他成为了世界上较早一批接触飞秒激光，并将其应用于玻璃等材料领域的科学家，从而成为他坚守和深耕科研的基石。“当时一台飞秒激光费用大概是一亿日元（相当于 800 万人民币），非常昂贵，那时就非常渴望有一天能够自己组织生产一台自己的飞秒激光，让我们都能用到这种神奇的工具”，这一朴素而又真诚的愿望成为他日后踽踽前行的不竭动力。

教书育人 实现科研报国

虽在国外学习、从事研究多年，但和大部分中国学者一样，邱建荣始终心系祖国的发展。2000 年，中国科学院与日本科学技术振兴机构启动了光子技术国际合作项目，邱建荣担任该项目的课题负责人，并受聘担任中国科学院上海光机所研究员、博士生导师。

2005 年，日本与中科院的项目合作结束，邱建荣真正落叶归根回国了。一直抱有浙大情结的他，选择成为了浙江大学的教授至今（期间有 6 年曾任华南理工大学的特聘教授）。回国后，他一直以科研报国、教书育人为己任，指导了不少优秀的学子，为材料学和光学前沿领域的发展作出了贡献。他自己也入选了美国光学学会和美国陶瓷学会 Fellow 及世界陶瓷科学院院士。

在日本学习研究 16 年，邱建荣对光学材料的前沿有了比较全面的认知，拥有了开阔的国际视野。而对科研的态度，邱建荣提到几个关键词：“好奇心”、“敢为人先”。无论从事什么方向的研究，邱建荣始终抱有一颗“好奇心”。“**做科研，首先你要好奇心，懂得抢占先机，敢为人先很重要。**”

在日本的时候，邱建荣进入 ERATO 项目，依旧是和玻璃打交道。“当时上转换发光研究很热，最开始我也想研究上转换发光，希望能做出一点成绩。但组里有人做这方面的研究，我就考虑不做这个方向了。”于是，他翻遍了日本《荧光体手册》这本书，选择了比较冷僻没人愿意尝试的光激励和长余辉发光材料研究，“要想有突破，就需要敢于尝试未知的领域。”正是敢尝试且坚持的科研态度，邱建荣在研究中首次实现了玻璃的光激励发光和长余辉发光，并发表了一系列论文。

“**搞科研就是一个不断学习、不断尝试开拓新领域的过程**”，邱建荣回忆起最开始接触飞秒激光时的情形感慨到。当时他的同事购置了两套飞秒激光器（一套是相干公司的高重频飞秒激光器，一套是光谱物理的低重频飞秒激光器）在做光谱烧孔和光子回声实验，从未接触过激光器的邱建荣感到非常“深奥”。经过不断观察，他意识到“飞秒激光是一种极端的物理条件”，可用来操控物质的微观结构。他渐渐熟悉了这些飞秒激光的操作，并用于调控玻璃内部的结构。他被飞秒激光诱导的神奇现象所深深吸引，于是投身到飞秒激光诱导材料微纳结构及其动力学的研究。

邱建荣的这种科研态度也影响着他的学生。2017 级博士生张博，机械专业出身，如今即将博士后出站的他提及初到实验室时也常感到学科跨度大，茫然无措，“那时候实验条件并不好，很多仪器和设备都没有到位，甚至处于‘一穷二白’的状态”，针对他的特点与爱好，邱老师提供了几个可供选择的方向，让他自己去探索明确个人的发展目标。他用了大概一年多的时间，兜兜转转、起起落落，最终停留在了飞

秒激光与材料加工。“邱老师从不催我出成果，也不限定我的研究范围，他用一种培养青年学者的态度来全方位帮助和支持我们成长。”正是这种充分的信任与无私的关怀，使得张博在科研创新领域快速成长，并且在超快激光微纳加工方面的研究取得突破性进展，系列成果发表在 Adv. Mater., Light Sci. & Appl., Photonix 等上，产生了重要的学术影响。

从回国到上海光机所做研究员时，邱建荣就有一个想法，想将研究成果实现产业化转化。“我们做科研的无非就两条路：做基础研究的能够上架，给后人提供研究思路；做应用研究的最好能够上货架，落地产业，解决国计民生问题。”

近年来，3D 打印技术现在被用来制造越来越多的产品，激光 3D 打印是众多 3D 打印技术中的一类，用激光作为烧结、熔融、光固化的热（光）源，发挥了激光的指向性、高亮度、可聚焦等优势。“只有将科技成果转化为生产力，才是实现真正的科研报国。”在踏实推动科研创新的同时，邱老师用行动交了答卷。邱建荣团队 2015 年在宁波建立了 3D 打印平台，并实现了产业化应用。他们研发了全国产化的选区激光烧结（SLS）金属工业级 3D 打印设备，在国内率先将 3D 打印应用于成形条件严苛的压铸模具批量生产，模具寿命超过 6 万模。通过随型水路设计大大提升了产品质量和生产效率，并开发了嫁接技术压低了模具成本。3D 打印技术的相关成果荣获“中国光学十大进展”，产品广泛应用于光学、3C、汽配、家用电器和日用品等领域。

让飞秒激光成为新时代的“马良神笔”

在过去的近三十年里，邱建荣一直走在超快激光与物质相互作用研究及其应用领域的前沿，并取得一系列高度原创的重要突破，处于国际领先地位。比如他们发现了飞秒激光诱导折射率变化、偏振依赖纳米光栅、沿激光传播方向周期性纳米孔洞等新现象和新机制，开拓了空间选择性操控离子价态、直写三维光波导、析出和擦除功能纳米晶体等新技术，部分成果已经在光通信和集成光路等领域得到应用。

2005 年，邱建荣在飞秒激光和材料的相互作用研究工作，获得了全球范围内每两年仅奖励一项的德国 Abbe 基金颁发的 Otto-Schott 研究奖。2015 年，他获得了

美国陶瓷协会 G. W. Morey 奖，这是继高锟先生在 1976 年获得该奖后时隔 40 年第二位华人科学家获此殊荣。2016 年，他与诺贝尔奖获得者 Roderick MacKinnon 教授一起被工程学世界排名第八（2022 USNEWS）的丹麦奥尔堡大学授予荣誉博士学位。

“飞秒激光是新时代的‘马良神笔’，掌握了它的特性，可以让人类在玻璃方寸间书写更加精彩的大千世界。”提及飞秒激光与材料交叉的未来应用，邱老师仍然激情澎湃。多年坚守，团队已经在相关研究方面取得若干重大进展，此次 *Science* 上发表的原创成果，首次在无色的玻璃材料内部实现了带隙可控的三维半导体纳米晶结构，发现并探讨了飞秒激光诱导复杂体系微纳结构形成的新机制，既是原有相关研究成果的延伸，同时也进一步开拓了飞秒激光三维极端制造新技术，为新一代显示和存储技术提供了新方向。作为团队核心成员的 2019 级博士生孙轲坦言，实验的过程痛并快乐着，从学会烧制玻璃新手上路开始，经过了很多次无法言说的失败，甚至很多次的放弃念想。记得有一次连续多日实验失败后，邱老师来到紫金港实验室，在仔细听完情况后，他立马换上实验服投入实验，指导和调试改进实验相关参数和环境指数，亲自观察进行中的内部结构变化，不漏过任何细微的差异，就这样，师生二人在实验室待了整整一个下午。“那一刻，他的专注、敬业和一丝不苟的治学态度深深地感染了我。”正是在这样的科学家精神引领下，孙轲以更加饱满的热情投入到科研中，并最终取得了突破性进展。

此外，他们团队在飞秒激光加工制造方面取得了系列研究成果，开发了系列空间选择性操控、时空域操控、多维度跨时空操控新技术，论文发表在 *Science* 等学术期刊，并研制了系列硬脆材料加工装备，已经应用于金刚石精细切割等工业化生产，荣获了中国激光行业“红光奖”。

飞秒激光市场应用也越来越广泛，包括用于一些高附加值如心脏支架的精密切割、眼科手术、太阳电池的精细切割打孔、三维内部结构制造等涉及到国民经济的方方面面。近年来，国内激光市场迎来大发展，激光设备厂商、激光器制造商千帆竞发，市场规模迅速增长。邱建荣对超快激光行业未来发展充满期待，“近年长光华芯、德龙激光、金橙子等纷纷上市，这给企业家树立了很好的榜样。”他坚信，