

# “ 高能冲击磁控溅射技术及工程应用 ”

## 专题序言

磁控溅射发展于 20 世纪 70 年代，已经被广泛地应用于电子、光学、传感、机械、航空航天等高科技领域。但在应用过程中，人们也日益发现其低离化率（ $<1\%$ ）对磁控溅射的工艺稳定性、绕过性、深孔沉积能力甚至涂层质量等都有很大限制。因此，提高离化率（甚至不惜引入额外的离化装置）曾是该领域持续 30 多年的研究热点。1999 年 HiPIMS 的出现，改变了这一局面。HiPIMS 利用高能脉冲冲击溅射靶材，可在不产生宏观颗粒（Macro Particle）的情况下，极大提高被溅射粒子的离化率，获得比 dcMS 高得多的等离子体密度，使沉积粒子的绕射性、可控性等大大增强。HiPIMS 可用来制备更致密或具有独特性能的涂层，甚至可用来调制涂层原子的化学计量比或控制涂层结构等。因此，一经出现，马上吸引了 PVD 领域研究者的目光，瑞典、日本、美国、英国、中国、澳大利亚等国家研究机构纷纷开展相关研究，取得了丰硕的研究成果。

事实上，科学的发展，都不是偶然的。HiPIMS 的出现也是如此，在 HiPIMS 出现之前，人们追求高密度的辉光放电等离子体（不仅仅局限于溅射）的步伐就已经开启。早在 1966 年，Abramovich 就提出了超高密度空心阴极辉光放电（ $50\text{ A/cm}^2$ ,  $900\text{ V}$ , Sov. Phys.-Tech. Phys., vol. 11, no. 4, pp. 528-532, 1966.）；1977 年，日本的 N. Hosokawa 就提出了自溅射效应（J. Vac. Sci. Technol. 14, 143）；1995 年，Posadowski 等在追求纯金属自溅射过程中，采用了大功率低气压（ $300\text{ W/cm}^2$ ,  $10^{-4}\text{ Pa}$ ）开展自维持磁控溅射（Vacuum 46 (1995) 1017）的研究。诸如此类的研究都为 HiPIMS 的出现奠定了基础。然而，一种薄膜材料制备新技术的出现，距其被大规模工业应用尚有很大距离。尤其在我国工业界，虽知悉 HiPIMS 技术可能有这样、那样的优点，但能支持自主工艺研究与技术开发的企业毕竟还不多，众多相关企业目前普遍感受到的是 HiPIMS 电源成本相对于常规的磁控溅射高，对 HiPIMS 的应用领域感觉茫然与困惑。这就需要我国各高校、科研院所把最新的研究成果公布出来，为企业开展推广应用奠定基础。遗憾的是，在以“SCI 检索论文”等盛行的评价机制下，很多高校、科研院所的优秀研究成果，往往以英文的方式优先发表在国际英文期刊上，为汉语作为母语的企业家、学生等对该技术的了解与应用带来一定的障碍。本次征文，能够得到国内 HiPIMS 研究领域著名的研究院所、高校，如中国科学院宁波材料技术与工程研究所、北京印刷学院、兰州化学物理研究所、天津职业技术师范大学、天津师范大学、北京航空航天大学等，这些在国内较早开展 HiPIMS 技术及工程应用研究团队的支持与响应，分别将 HiPIMS 的基本等离子体特性、在硬质涂层及润滑涂层等领域的应用效果等最新成果呈现给大家，实在是难能可贵。专题真正做到了“广大科技工作者要把论文写在祖国的大地上，把科技成果应用在实现现代化的伟大事业中”。期望今后 PVD 真空表面工程领域的学者们把更多的论文投向《表面技术》等国内科技期刊，促进表面技术更好地在国内各行各业得到发展和应用。

专题主编：

