



第12届国际等离子体化学会议 (ISPC-12) 简介及ISPC-13 预告

(1995年8月21—25日, 美国, 明尼苏达大学; 1997年8月17—23日, 北京)

1 概况

国际等离子体化学会议 (ISPC) 是低温等离子体物理、化学及应用方面最有影响的国际会议, 自1973年至今已举办12届。除1983年在加拿大、1987年在日本和1995年在美国举行之外, 均在欧洲举行。1997年将在北京举行 ISPC-13。该会由国际纯粹与应用化学联合会 (IUPAC) 物理化学部下属等离子体化学分委员会主办。在1988—1995年期间, 我国吴承康担任了该委员会的两届委员, 1996年起陈熙担任委员。在历届会议中, 我国参加人数较多的是1987年 (19人, 在日本东京) 和1995年 (10人, 在美国明尼阿波利斯)。

ISPC-12 在美国明尼苏达大学举行, 参加人数500人, 论文430篇, 包括大会与分会邀请报告, 分会口头报告与分会张贴报告。邀请报告摘要与全部分会报告皆收入文集, 共4册, 2366页 (ISBN 1-887976-00-0), 还有补遗一册。大会前有暑期学习班 (冷、热等离子体两班, 3天), 会后有工业应用讨论班一天 (冷、热、等离子体各一组, 出文集各一册 (ISBN 1-887976-06-X)。大会邀请报告8篇, 分组邀请报告21篇, 均为前沿问题, 质量高, 由著名专家和有成就的年轻专家作报告。邀请报告 (大会、分会) 将于1996年5月登载于 Pure & Applied Chemistry 期刊。

2 大会报告

8篇大会报告简介:

(1) 高、低压非平衡等离子体的数值模拟 (Kushner, UIUC) 1980年开始用零维模型, 现已做到二维动力学模型。数值模拟成本下降, 实验成本上升, 现一套可计算二维非平衡的模型软件只需400美元, 可在苹果机上操作。研究工作由纯科学探索转向更多由需求牵引。用于微电子设备开发的一套300mm刻蚀装置需投资12亿美元, 因而促进了有关基础研究。高压等离子体数值模拟的推动力由高功率激光转向废弃物处理。“热”“冷”等离子体数值模拟基本方法是一样的, 只是具体条件不同。预测5年内将发展到 ①多维, ②表面过程, ③形成数据库, ④通用模型, ⑤生产应用, ⑥综合模型, ⑦国际联网, ⑧显示、实时计算控制。

(2) “热”等离子体先进诊断 (Fincke, INEL) 传统观点认为热等离子体处于局域热力学平衡 (LTE), 现在发现高速、淬冷、掺混等都产生非LTE, 影响诊断。用高速摄影 (10ns 曝光) 发现不稳定现象。非LTE等离子体中电子温度高于气体温度, 用基于LTE假设的发射光谱测量温度, 不少地方会有问题。需直接测量重粒子温度, T_e , n_e , u , 成份。较理想的各种激光方法, 是非接触测量, 可测各种参数, 但难度大, 仪器十分昂贵。接触式探针测量很有用, 但用于等离子体测量, 需细致考虑各种误差因素。

(3) 热等离子体加工的前沿 (Boulos, Sherbrooke) 最近热等离子体加工的专利

数上升。直流电弧实验室功率达 1.5MW, 工业放大可达 6MW。高频感应等离子装置, 实验室功率 100kW, 工业放大达 600kW, 甚至 1MW。应用有 3 大方面: ①最成熟、最见效的是表面改性和涂层, 如喷涂、蒸发镀膜。最近金刚石膜发展快。②化学合成, 如 C_2H_2 , TiO_2 , SiO_2 生产, 陶瓷粉末研究, C_{60} 探索。③废料处理, 包括回收有用成份和处理有害成份, 这方面发展很快。为真正取得良好效果, 需深入研究以理解、掌握过程。

(4) 刻蚀的未来 (Suzuki, Hitachi) 1975—1985 年超大规模集成电路由湿式刻蚀转向干式 (等离子体) 刻蚀。现在要求超细 (趋近 $0.2\mu m$) 高速, 高选择性, 低损伤。设备发展由物理参数的单项控制发展到化学参数和物理/化学参数的单项控制。1975 年出现桶状、平板 RF 和 ECR、CDE; 1980 年出现磁控等离子体; 1985 年出现 EBEP; 1990 年出现 Helical、Helicon、TCP、ICP。目标是低温、时间调制、高净、高气流。这里等离子体物理过程是影响刻蚀过程的关键。将来发展要求线宽小于 $0.1\mu m$, 压强小于 $1mTorr(0.1333Pa)$, 选择性大于 100, 低损伤, 高速 (8s-12s 之内), 不均匀度小于百分之几。要发展各种新型装置与控制。

(5) 硅烷等离子体中由分子到颗粒的过程 (Howling 等, 瑞士洛桑工学院) 这是微电子加工中的基本问题。等离子体中颗粒污染物会影响加工质量。一种理论是负离子由于电场而停留在等离子体中, 形成分子簇。本研究要验证负离子是否存在, 是否形成分子簇。在低气压 ($0.1mbar$, 即 $10Pa$) 等离子体中, 用时间分辨 ($5\mu s$) 质谱仪测量正、负、中性粒子, 微波干涉仪测 n_e , RF 功率调制。可以测出, 在电场消失后负离子由等离子体中扩散出来 (能量小于 $1eV$), 形成有 40 个原子的负离子簇 ($1200amu$)。研究了形成规律。

(6) 用等离子体 CVD 制备新型纳米晶体复合材料 (Veprek, TU Munich) 纳米晶体有特殊性质, 已用于例如高密度磁记忆材料。硅用于微电子但不能用于发光材料如发光二极管。但多孔纳米晶体硅有发光性质。用等离子体 CVD 制备纳米晶体发光硅, 并经 CVD 后处理, 得到 $1-3nm$ 晶体与非晶体的复合材料, 具有超硬性质。

(7) 低气压等离子体的先进诊断 (Wiesemann, Ruhr U Bochum) 等离子体化学 = 表面化学 + 等离子体物理。需测量等离子区, 过渡区, 鞘层和壁面的状态。新的有效工具是质谱仪的应用。简便易用的探针理论较复杂, 需解决 RF 影响问题。用宽带过滤可减轻 RF 影响。

(8) 高温处理废料, 从实验室走向工业化 (Poiroux, EDF) 实验室已可行, 尚未达到工业化, 新流程需经大量发展工作。①处理石棉废料, 用非转移弧 Aerospatiale 管状电弧加热器, 炉温 $1600^\circ C$, 后室 $1250^\circ C$, 烟气过滤。处理量 $1t/h$, 3 人操作。已处理 $1500t$ 。②城市垃圾焚化灰处理 (灰中含汞、铅)。 $2000A$ 、 $450V$ 的石墨电极电弧, $1400^\circ C$, 熔化为玻璃状, 空气淬冷, 碱洗, 可连续生产, 用电量 $0.92kWh/kg$ 。经济上有可行性, 但尚有未定因素如各种方法竞争, 环境立法, 顾客行为等。其他应用有蒸汽等离子体还原 UF_6 , 海军废料处理。

3 分组会议概况 (下面列出分组会议题目、分组报告篇数及邀请报告题)

(1) 聚合物 (聚合物膜, 等离子体-聚合物相互作用, 聚合物表面改性, 44 篇) (a) 低温氧等离子体的分析及其与聚合物的作用, (b) 等离子体与聚合物——实验室到商业化。

- (2) 大面积等离子源(高、低压, 10篇) 用于大面积加工的 RF 感应等离子源。
- (3) 低气压等离子体诊断与数值模拟(34篇) (a) 材料加工用 ECR 与 RF 等离子体中 CF_2 与 SiH_2 自由基的测量, (b) 非平衡等离子体中电子的非局域行为。
- (4) 刻蚀(10篇) 硅表面刻蚀中的表面化学。
- (5) 材料合成(体积材料)
- (6) 环境应用的高压非平衡等离子体(34篇) 气流中挥发性有机物的电子束与电晕处理。
- (7) 喷涂(14篇) (a) 撞击基材形成层片之前颗粒周围的蒸汽云, (b) 等离子喷涂用于生产固体氧化物燃料电池。
- (8) 等离子体加工工艺中的传热问题(18篇) 为庆祝 E. Pfender 教授 70 寿辰的报告。文章将在《Plasma Chemistry and Plasma Processing》专刊中登载。
- (9) 等离子体应用于环境(31篇) 电子束过程的化学及其在排放控制中的应用。
- (10) 颗粒与分子簇的合成(25篇) (a) RF 等离子体中形成特定颗粒的库伦晶粒形成过程; (b) 感应等离子体合成超微 SiC 。
- (11) 等离子体-颗粒相互作用(31篇) (a) 低压 Ar- SiH_4 RF 等离子体反应器中由单体形成大尺寸颗粒的生长过程及诊断; (b) 稀薄气流条件下等离子体与颗粒间电荷、动量、能量传递的动力学模型。
- (12) 等离子体-表面相互作用(35篇)
- (13) 高压等离子体诊断与数学模型(32篇) 金属蒸汽对电弧特性的影响。
- (14) 等离子体基本过程(20篇) 混合气体电弧中等离子体化学过程的模拟和诊断。
- (15) 等离子体辅助化学气相沉积(72篇) (a) 含氟气体等离子体沉积非晶硅合金, (b) 大气压下低温等离子 CVD 合成碳原子簇与无机薄膜, (c) 气相形成金刚石机理与碳的同素异构, (d) 快速沉积非晶膜。
- (16) 等离子冶金(7篇) 尘埃与残留物的等离子加工。

4 等离子体工业应用讨论会(工业界报告)

A 热等离子体工业应用讨论会

- (1) 等离子体处理废弃物(6篇) 分解有机废料(多氯联苯), 气体净化, 飞灰固结, 核废料玻璃化, 冶炼渣回收, 有机废料气化利用。
- (2) 等离子喷涂(3篇) 高能高压喷枪(Plazjet, TAFA), 低压喷涂(Sulzer-Metco), 喷涂技术进展(Miller Thermal)。
- (3) 材料加工(3篇) 等离子射流沉积金刚石膜的市场前景(Norton), 降低成本, 微电子封装。RF 感应等离子体用于材料合成与废料处理。等离子体雾化技术(等离子射流雾化金属 Al, Cu, Ni, Cu-Ni)。

B 冷等离子体工业应用讨论会

- (1) 等离子体微电子加工(8篇) 加工技术综述, 过程控制, 实验室→半工业装置, 微波下游等离子体技术, 平面显示加工, 反应器数学模型。
- (2) 等离子镀膜, 表面处理(3篇) 塑料眼镜镀膜(抗磨, 抗反射), 反射镜镀

膜, 合成材料表面改性技术与装备。

5 几个趋势和一点感想

(1) 国际等离子体科学研究不断深入, 基本过程研究、数值模拟、诊断研究发展很快。

(2) 等离子体与环境结合的研究大大增加, 经济性尚待验证。

(3) 需求牵引更为明显。微电子工业、表面处理需求带动大量研究。

(4) “热”、“冷”等离子体界限趋向模糊, 如数模、高压非平衡等离子体。

(5) 各种镀膜和表面处理文章最多, 五花八门。

总的感觉是国际上基础工作愈来愈深入细致, 也都有应用背景。相比之下, 我国在基础方面重视不够, 投入不足。与国外研究水平差距正在加大, 应采取适当措施。除全面增加科技投入, 深入改革体制政策之外, 应有重点地让一些基础好, 多年坚持基础和应用研究并做出成绩的单位能很好维持下去, 并有所发展。

6 关于 ISPC-13

经过多年努力, IUPAC 等离子体化学分委员会于 1995 年初投票通过决定, 1997 年在北京举办 ISPC-13, 由中国力学学会等离子体专业委员会主任委员吴承康院士任会议主席。会议由主席和中国力学学会等离子体专业委员会、力学学会办公室主要承办, 已定于 1997 年 8 月 17—23 日在北京香山饭店举行。暑期学习班在 8 月 14—15 日举行。希望全国等离子体科技工作者拿出高水平(工作水平、表达水平)的论文参加会议, 并齐心协力共同办好会议。等离子体专业委员会在 1995 年 10 月第 7 届全国等离子体科技会议上已讨论决定集中精力办好 ISPC-13, 将下届全国会议推迟一轮。

此外, 第 3 届亚太等离子体科技会议将于 1996 年 7 月 15—17 日在东京大学召开。根据过去经验, 我们将努力组织在日住宿、交通等事项, 协助大家前去参加, 希望愿去者及早做好准备, 并与等离子体专业委员会联系。

中国科学院力学研究所吴承康 供稿