

微型直接甲醇燃料电池的研究进展

张宇峰

随着移动便携式电子产品(如笔记本电脑、移动电话等)的普及及其功能的增强,对电源系统的性能提出更高的要求,传统电源已经逐渐无法满足科技发展的需要。而具有微小尺寸与高能量密度的微机电系统(micro electro-mechanical system, MEMS)微能源技术日益受到各国研究机构的更多关注。MEMS微能源在体积、质量、寿命、能量密度、补给速度、可靠性、成本等方面均具有显著优势,能有效解决目前限制微小型电子产品发展的供能问题。按照能量转换方式, MEMS微能源主要分为基于MEMS技术的微型发电机、微型太阳能电池、微型热电池、微型核电池、微型锂电池以及微型燃料电池等种类。相比于其他类型微能源,微型燃料电池具有能量转化效率高、大功率持续供电能力强、环境友好、低温快速启动、可靠性高及便于集成化等优点,是具有广阔应用前景的新型微能源。目前,微型燃料电池的研究工作主要集中于微型质子交换膜燃料电池(micro proton exchange membrane fuel cell, μ PEMFC)、微型直接甲酸燃料电池(micro direct formic acid fuel cell, μ DFAFC)、微型固体氧化物燃料电池(micro solid oxide fuel cell, μ SOFC)和微型直接甲醇燃料电池(micro direct methanol fuel cell, μ DMFC)等4个方面。 μ DMFC具有甲醇来源丰富且价格低廉、燃料易于储存携带且安全性高、系统结构简单且不需要燃料重整和净化以及操作条件简单等诸多优点,适用于便携式电子产品和微型武器系统的应用,也是国际上微型燃料电池研究领域的热点之一。

时至今日,可充电的锂离子和镍氢电池在日常便携式应用领域仍有很强的竞争力,这主要体现在技术成熟度和生产成本上。但在军用单兵作战系统中,轻量化的微型燃料电池凭借超长的续航时间和快速补给的优势则可完成很多“二次”充电电池无法完成的任务。随着物联网的兴起,在无人值守传感网络中,微型燃料电池也可作为传感节点供电的解决方案。同时也看到,随着MEMS微能源技术的日益成熟,微型燃料电池这一绿色能源已在充电电池、备用电池等领域以低廉的价格占领市场。

本文针对在产物管理、制造方法、膜电极制备、燃料供给和工作效能等方面与常规直接甲醇燃料电池的差异,对目前微型直接甲醇燃料电池的国内外研究状况进行深入分析,最后指出了微型直接甲醇燃料电池面向未来应用所需要解决的技术挑战和发展趋势。

1 微型直接甲醇燃料电池的关键技术

当直接甲醇燃料电池整体尺寸缩小至厘米级、组件特征尺寸降低至毫米或微米级、功率范围处于毫瓦量级时,称之为微型直接甲醇燃料电池。但实际上微型直接甲醇燃料电池不仅在尺寸大小与常规燃料电池有所不同,而且在产物管理、制造方法、膜电极制备、燃料供给和工作效能等诸多方面都有着很多不同之处,如表1所示。

表1 μ DMFC与常规燃料电池的对比分析
Table 1 Comparison analysis of μ DMFC and conventional fuel cells

	尺寸	加工方法	燃料供给方式	功率密度/($\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$)
μ DMFC	10 cm^2 以下	MEMS 加工技术	依靠优化的流场设计	1 ~ 50
常规燃料电池	10 cm^2 以上	机械加工	依靠辅助的泵和风扇	50 ~ 200

1.1 气液两相流

从工作效能来看,微型直接甲醇燃料电池在输出功率密度方面与常规燃料电池并未表现出技术优势。这主要是由于随着燃料电池反应空间的缩小,在常规设计方法中所忽略的一些因素对微型直接甲醇燃料电池性能的影响凸现出来,其中生成产物管理就是其设计中需要考虑的主要因素。直接甲醇燃料电池在工作反应过程中,阳极是以液相(甲醇溶液)为主、气相(生成的 CO_2)为辅的气液两相体;而阴极相反是以气相(O_2)为主、液相(生成的水和阳极质子传递携带的水)为辅的气液两相体。对于常规直接甲醇燃料电池而言,由于流场沟道尺寸较大,并且在阳极和阴极处配备有泵、风扇等辅助设备来处理生成物,因此对输出性能影响甚小。而对于微型直接甲醇燃料电池而言,考虑到便携式应用的需要,往往要省去这些辅助设备或者希望将耗能减至最低,因此表面力等微尺度因素对生成产物的排除和电池性能影响较大。

对于阳极极板流场而言,由于某些区域会出现 CO_2 气泡堵塞现象,从而会影响甲醇分子向催化层的传质效率。Lu等深入研究了 CO_2

气泡的运动机制,发现表面张力对于阳极气泡运动有重要的影响,实验结果表明阳极气液两相流存在一定的不稳定性,如图1所示。Liao等通过记录 CO_2

气泡产生、生长、合并和排放的全过程得出了同样的结论。另外一些学者也研究了阳极扩散层结构对气泡行为的影响。Argyropoulos等和Lu等比较了 CO_2

气泡在2种常用的扩散层(碳布和碳纸)的生长特性。结果表明,由于结构和可湿度的不同,气泡在碳布表面生长速度更均匀、尺寸更小,在碳纸表面则极易出现阻塞流道的大尺寸气泡。Yoshizawa等认为出现上述现象的原因是由于碳布和碳纸孔径大小以及分布不同造成的。Zhang等的报道中指出,相对于憎水型扩散层,亲水型扩散层更易获得均匀分布的小尺寸 CO_2

气泡。同样对于阴极极板来说,由于没有风扇等辅助设备协助排水而造成“水淹”,氧气向阴极催化剂的传质效率减小,从而降低输出性能。Jung等的研究表明,在点型或平行流场都会出现一定的液态水积聚现象,从而降低电池的输出性能。Yang等发现普遍使用的圆孔式自呼吸阴极结构无法有效排除生成水。Chen等和Arisetty等发现在空气自呼吸式阴极中,支撑脊下对应的扩散层区域生成水含量最多,是导致阴极“水淹”现象产生的主要原因。另外,相关研究表明不同的扩散层结构和参数同样会对氧气和水分子的输运产生一定的影响。



图1 μDMFC 阳极流道内气泡行为^[14]

Fig. 1 Bubbles behavior in the anode flow field of a μDMFC ^[14]

国内外学者希望通过对 μDMFC 流场结构的参数优化和新型结构的提出从而提高传质效率。Yang等利用实验方法研究了阳极流场结构(平行和单蛇形)和参数对电池性能的影响,结果表明单蛇形流场优于平行流场,50%的开孔率和足够长的流道可以促使电池获得更高的输出性能。Wong等同样通过实验比较了平行和单蛇形2种不同阳极流场结构对电池性能的影响,并对流道深度进行优化。Zhang等设计并制作了一种具有“microblock”结构单元的新型流场,主要作用是迫使甲醇溶液在阳极进行波浪式流动,提高传质效率和燃料利用率。Jung等利用实验与数值仿真相结合的方式分析了点型、平行和单蛇形3种流场结构对电池阴极性能的影响,结果显示单蛇形流场表现出最佳的输出性能和稳定性,主要原因是它可以保证氧气均匀传质以及生成水快速高效的排出。Xu等设计了一种改进型单蛇形流场,在保证流场有效面积不变的情况下增加了相邻流道之间的压降,测试结果表明这种流场结构可以有效增加扩散层中反应分子的

传质系数, 并可以加快阴极生成水的排放速度。Peng等在微型直接及甲醇燃料电池阴极侧添加水管理设备, 利用MEMS工艺在其上制作微沟道以及气窗, 对沟道表面进行亲水处理, 气窗孔壁进行疏水处理。测试结果表明可以有效排出和收集阴极的水。类似的方法和成果也在Wang的研究工作中得以体现, 如图2所示。

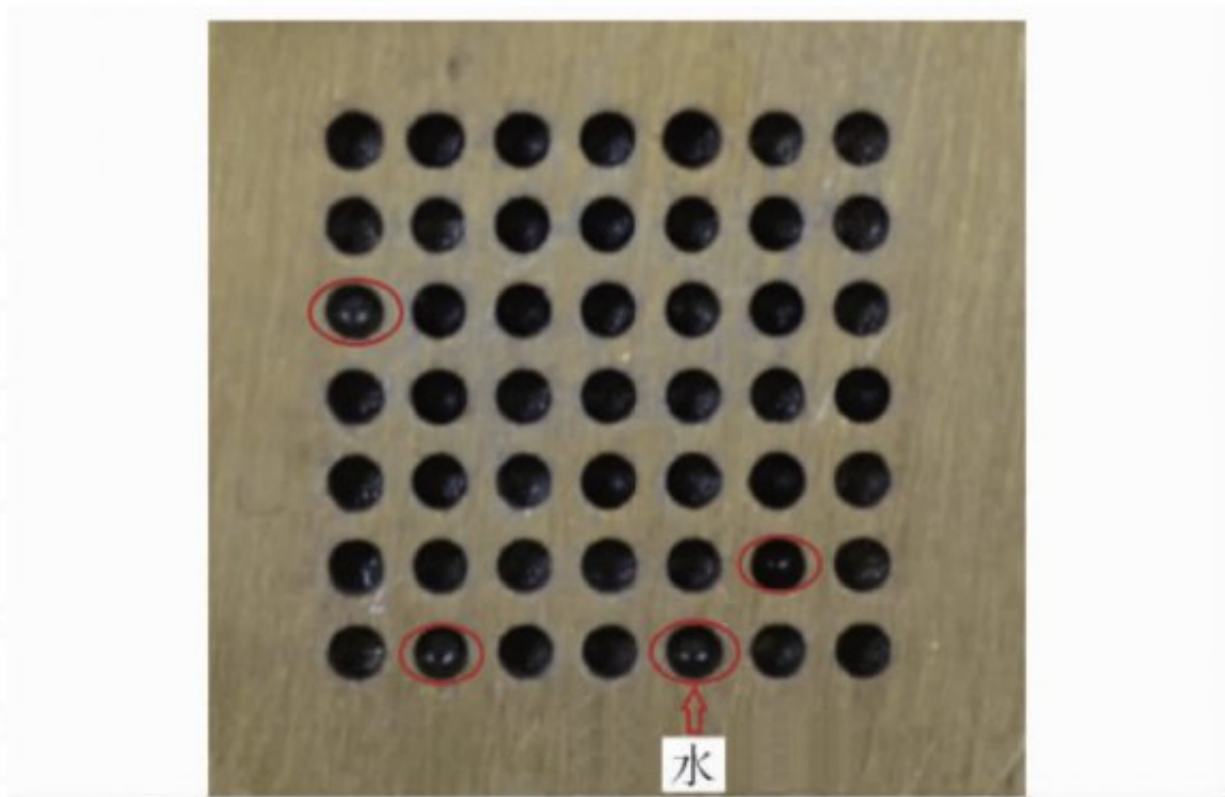


图2 μ DMFC 阴极水淹现象^[29]

Fig. 2 Water flooding in the cathode of a μ DMFC^[29]

1.2材料和加工技术

微型直接甲醇燃料电池的加工费用占整个燃料电池费用的60%~70%, 所以对加工技术进行研究着眼于降低成本的同时提高电池的输出性能和结构稳定性。MEMS技术是联合电子和机械元件组成集成化微器件或系统的一种加工技术, 它采用可大批量制造的微电子工艺和微机械加工技术, 并且特征尺寸在 μm 到 mm 之间。MEMS技术的迅速发展为微型直接甲醇燃料电池的加工与制作提供了新的实现途径。经过10年来的技术发展, 微型直接甲醇燃料电池极板的加工方式已不局限于传统的硅基MEMS技术。越来越多的研究机构正采用石墨、不锈钢、聚合物等材料利用微机械加工、激光雕刻、真空溅射、化学蚀刻、阳极氧化等复合工艺方法实现阴、阳极的流场和多孔介质结构。

硅是微型直接甲醇燃料电池最常用的极板材料。因为硅材料的抗腐蚀性和抗氧化性都很好, 基于硅的MEMS加工技术(氧化、光刻、腐蚀、溅射等)已经相当成熟, 并且硅基微型燃料电池更容易和其他器件集成在芯片上, 硅基微型直接甲醇燃料电池极板的基本制作过程如图3所示。美国Minnesota大学Kelly等和朗讯公司Bell实验室Meyers等首先发表了硅基MEMS微型燃料电池

的研究成果: Kelly等采用MEMS工艺加工硅片制成有效面积为 0.25cm^2

的 μ DMFC极板, 但性能不高; Meyers等则分别制作了“三明治”和“平面集成式”(阴阳极在同侧)2种结构的硅基微型燃料电池。早期的硅基MEMS微型燃料电池与常规燃料电池相比性能偏低, 其中最主要原因是硅极板与膜电极接触电阻过大, 造成的损耗过多, 针对这一问题各国的研究机构开展了一系列相应的研究。2004年, Pennsylvania大学Lu等报道的硅基 μ DMFC性能有了较大提高, 他们利用电子束蒸镀法在硅极板表面沉积了Cr/Cu/Au的厚金属复合层, 成功降低了接触电阻, 电池功率密度常温下达到 $16\text{mW}/\text{cm}^2$ 左右, 60 $^\circ\text{C}$ 达到 $50\text{mW}/\text{cm}^2$

左右。另外还提出了一些新结构和制作方法的微型直接甲醇燃料电池。2004年Motokawa等利用MEMS技术实现了一种新型微型直接甲

醇燃料电池,将阴极和阳极催化

剂都置于质子交换膜的同一侧,反应面积为 0.018cm^2

。此方法可以有效降低甲醇渗透,但最大缺点是DMFC需要有固定的放置方式,而且最大输出功率密度仅为 $0.78\text{mW}/\text{cm}^2$

。2007年,Zhang等利用湿法刻蚀与溅射工艺制成具有Cr/Pt(20nm/150nm)金属薄膜的硅基 μ DMFC极板,电池开路电压可达 0.74V ,另外它们还利用纳米压印(nanoimprint)技术对PEM进行预处理,增强了PEM与催化剂层之间的结合力,但输出性能和稳定性较差。

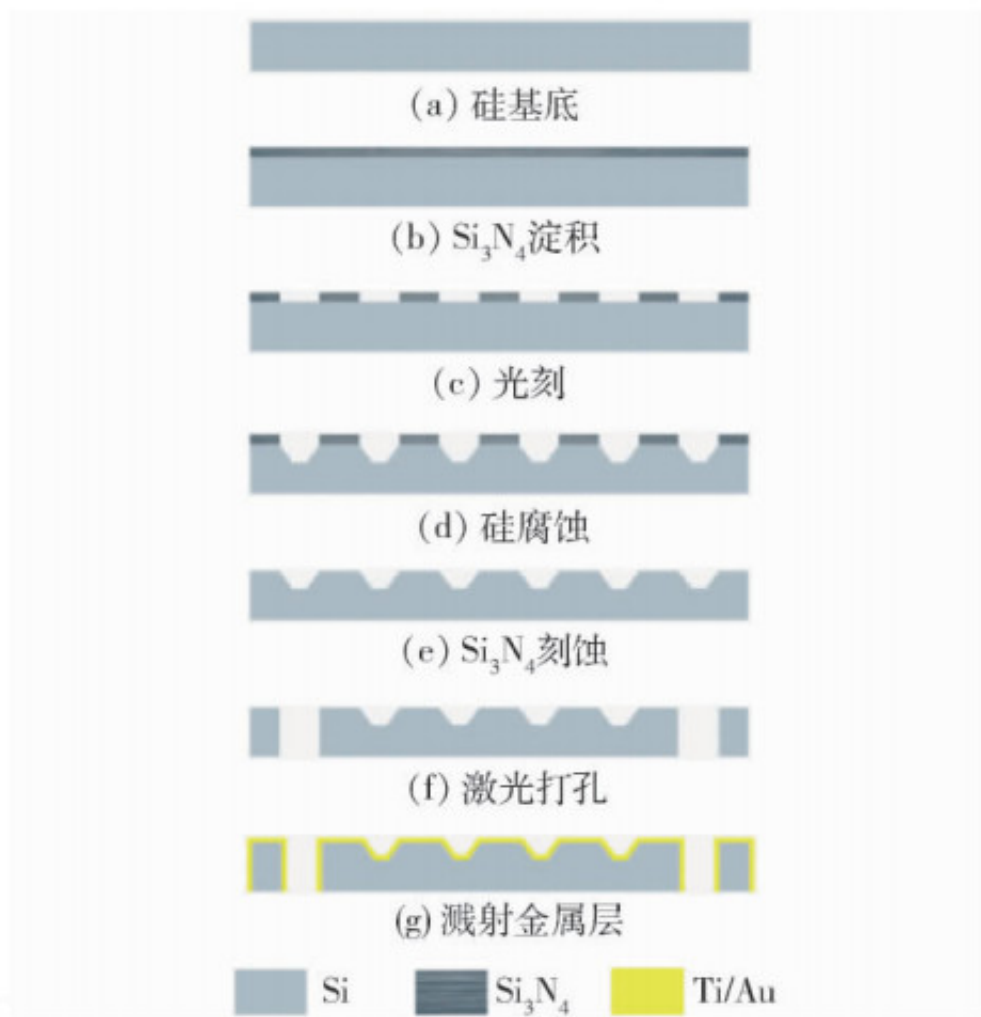


图3 硅基极板制作流程示意图

Fig. 3 Schematic of the fabrication process of the silicon-based current collector

以聚合物为极板材料的微型直接甲醇燃料电池的兴起源于近几年非硅MEMS技术以及复合材料技术的成熟发展。例如:表面微加工工艺、热压技术、软光刻技术以及激光加工技术等非硅MEMS技术,主要应用的材料有聚甲基丙烯酸甲酯(polymethyl methacrylate, PMMA)、聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)、光敏玻璃以及SU-8感光胶等。Takeshi等以光敏玻璃为极板材料提出一种新颖的微型直接甲醇燃料电池的制作方法,实验证明这种新型制作工艺可以很好地减小接触电阻,并且能防止燃料的泄露。但是聚合物极板的瓶颈在于它的导电性较差,会影响进一步应用。韩国成均馆大学Cha等利用MEMS技术实现以SU-8感光胶为极板材料的微型直接甲醇燃料电池,总体厚度只有 $500\mu\text{m}$ (包括膜电极的厚度),依靠溅射在SU-8极板表面的Pt线来收集电流,如图4所示。实验测试表明其最大输出功率密度可达 $8\text{mW}/\text{cm}^2$ 。Weinmueller等也利用SU-8为极板材料,表面溅射Au来收集电流,其考察了电池在2种弯曲情况下(C

型弯曲和S型弯曲)的性能曲线。结果显示在2种弯曲情况下电池性能没有明显的下降。

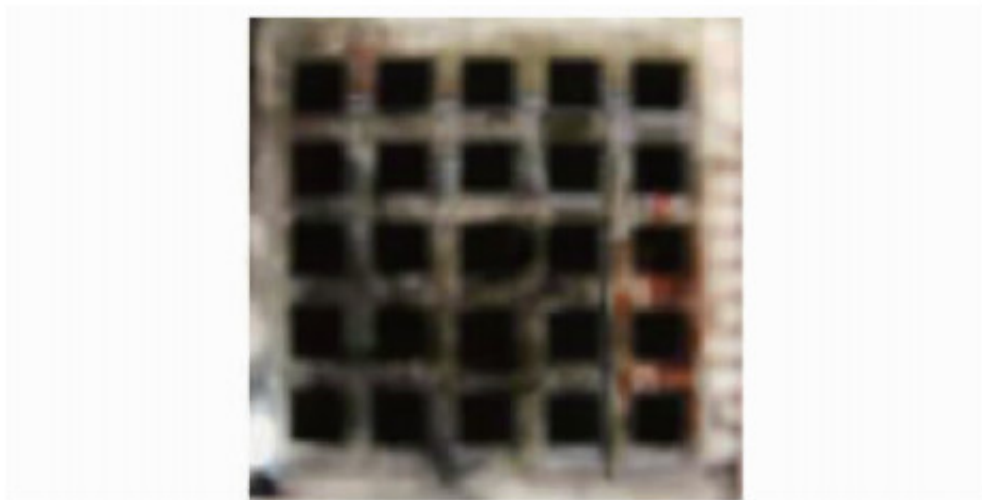


图4 聚合物微型直接甲醇燃料电池样品照片^[39]

Fig. 4 Photograph of all-polymer micro DMFC^[39]

随着微精密机械加工技术的不断进步，近几年采用金属作为微型直接甲醇燃料电池极板材料逐渐进入国内外学者的视线。Lu等利用光化学刻蚀技术加工500 μm 厚不锈钢板制作 μDMFC 极板，并在其表面淀积0.5 μm 的Au来降低内阻和防止腐蚀，常温情况下电池最大功率密度可以达到3 mW/cm^2

，优于硅基 μDMFC 的性能，但没有提及电池的具体封装过程。Zhang等利用微冲压技术在不锈钢材料加工出阴、阳极板，制作了有效面积为0.64 cm^2 的微型直接甲醇燃料电池，如图5

所示，40 $^\circ\text{C}$ 时最高输出功率密度可达65.66 mW/cm^2

。Chen等、Chan等近几年来在基于不锈钢材料的被动式 μDMFC 研究方面也取得了很大的进展，他们利用线切割技术制作的不锈钢材料极板用于 μDMFC 单体及电池组中均获得良好性能输出。

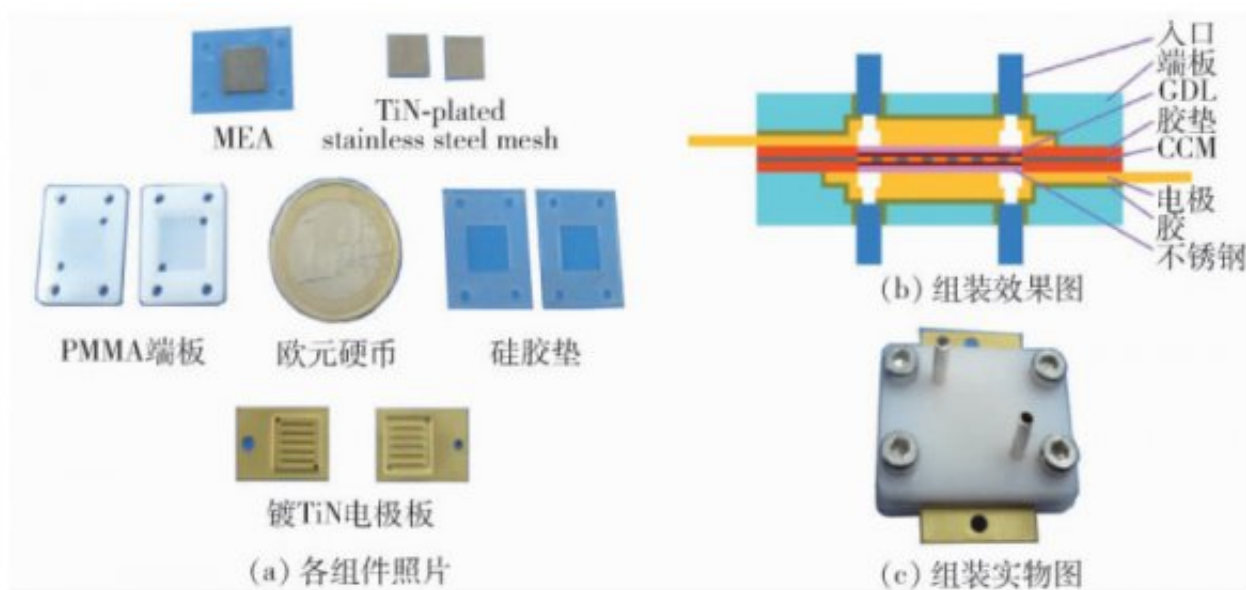


图5 金属基微型直接甲醇燃料电池照片^[42]

Fig. 5 Photograph of the assembled metal-based μDMFC ^[42]

1.3膜电极组件制备

膜电极制备的好坏与微型直接甲醇燃料电池性能紧密相关,因此一直是国内外研究的热点。目前微型直接甲醇燃料电池膜电极的制备方法可以分为两大类:一类是在传统尺寸燃料电池膜电极制备工艺基础上(如CCM和GDE法),对尺寸进行等比例缩小,并考虑产物排除和甲醇渗透等问题进行工艺改进;另一类是直接采用MEMS工艺进行膜电极的制备,尤其当微型燃料电池缩小到毫米级甚至更小时,传统工艺难以实现,需要采用MEMS技术实现膜电极的制备工艺。

膜电极是由质子交换膜(proton exchange membrane, PEM)、电催化剂以及气体扩散层三大部分构成,其中质子交换膜是膜电极的核心部件。目前国际上普遍使用的PEM是Dupont公司生产的Nafion系列全氟磺酸型PEM,然而这种膜存在甲醇渗透问题在阴极处会形成附加反压,对电池性能产生很大的影响。因此,进行改性处理以得到高阻醇性能的PEM成为了国内外研究的热点。Hobson等采用低能电子束轰击Nafion膜表面的方法,在PEM表面形成了一个1.5 μm 厚的阻醇薄层,薄层中孔径较小,选择透过水分子而抑制了较大的甲醇分子,有效降低了甲醇渗透率。Kim等将Nafion膜放入 PbCl_2 溶液中浸泡后再放入 NaBH_4 溶液还原制得Pd-Nafion复合膜,阻醇性能比原来大大提高,只是电导率略有下降。Liu等利用 γ -射线辐照结合表面化学镀钯方法对Nafion117膜进行改性处理,有效降低了甲醇渗透率,同时又保证了PEM的质子电导率。

电化学催化剂直接影响燃料电池的性能、寿命以及稳定性,在微型直接甲醇燃料电池中广泛使用的电催化剂一般是Pt/C(阴极)和Pt-Ru/C(阳极)。Liu等设计并制作了一种新型双催化层膜电极并将其应用于微型直接甲醇燃料电池,实验结果表明相同的催化剂载量,采用双催化层结构膜电极的电池要比采用单催化层的性能好,而且还能有效地抑制甲醇渗透以及促进 CO_2

气体的排放。A

hmad等优化了催化剂载量,与

传统催化剂载量相比,将阳极催化剂载量提高到 $5\text{mg}/\text{cm}^2$

,阴极催化剂载量降低到 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$,大大提高了被动式微型直接甲醇燃料电池的性能。近些年来,碳纳米管(carbon nanotubes, CNTs)以其独特的结构、良好的物理和化学特性被越来越多的用于微型直接甲醇燃料电池的催化剂载体来代替碳黑材料。Ocampo等发现应用多壁碳纳米管比传统的碳黑材料电催化活性更高,得到的电池性能也更好。Guo等用电化学方法将单壁CNTs表面氧化形成含氧官能团,并将Pt粒子沉积在单壁CNTs上,发现该催化剂增强了阳极电催化活性,

并且增加了Pt的利用率

。Chen等同样利用碳纳米管作为催化剂载体制作电极,成功限制了 CO_2 气泡的生长,并加速了这种微气泡的排放。

气体扩散层一般以碳纸、碳布等材料为主,但针对微型直接甲醇燃料电池的特点也有学者研究采用新型材料和结构来作为气体扩散层。Gao等利用碳纳米管作为气体扩散层的主材料,通过扫描电镜、交流阻抗测试等手段,证明此扩散层具备更好的传质和电传导特性。Kamitani等将催化层与气体扩散层之间增加一层大孔径憎水层,不但起到了甲醇的缓释效应,还增强了 CO_2

气泡的排放速率,提高了电池性能以及燃料利用率。Zhang等利用不锈钢网为附加扩散层,大大提高了微型直接甲醇燃料电池性能,并分析了不同目数的不锈钢网对电池性能的影响。另外考虑到多孔硅具有多孔结构和大的表面体积比、适合MEMS工艺等特点,成为了气体扩散层的备选材料。郑丹等使用单晶硅为原材料来加工多孔硅代替传统的碳布和碳纸作为扩散层,其厚度可以控制到几十微米。在相同催化剂载量下与碳纸比较,循环伏安测试曲线表明性能要优于碳纸。由于多孔硅可以通过硅片的电化学腐蚀方法直接得到,因此扩散层与流场板可以直接集成在同一个硅片上。Feng等在高掺杂硅片的表面利用化学气相沉积和ICP深反应离子刻蚀方法在硅片表面形成了亚微米级的柱状结构。并进行电化学沉积制备Pt-Ru催化剂,循环伏安试验表明利用该方法制备的催化电极与高比表面积的碳载催化剂的催化效果基本相等,表现出很高的甲醇催化活性。

1.4电池结构

直接甲醇燃料电池分为主动式与被动式2种结构。主动式是指需要利用如泵、阀等有源辅助器件控制燃料供给,这样会增加系统体积和减小功率输出,不利于作为便携式电源应用;被动式不需要外加动力源为其补充燃料,燃料腔体直接与电池相连形成整体,更类似于传统使用的化学电池,因此系统体积小、便于携带、无需消耗电能维持工作,适宜成为微小型电源供应系统。但与主动式相比,目前被动式微型直接甲醇燃料电池性能较低,发展较慢。2004年,Guo等开始致力于研究被动式直接甲醇燃料电池的燃料供给系统,利用PTFE材料对水和甲醇不同吸附能力(虹吸原理),实现了纯甲醇燃料供给的直接甲醇燃料电池。2007年,赵锋良等利用阴极返水结构实现了纯甲醇进料的被动式直接甲醇燃料电池系统,对阴极扩散层碳粉载量对电池性能影响进行了分析。2007年,Wong等采用多孔金属网作为被动式DMFC的阴极集流板,实验得出网格尺寸越小其输出性能越高(接触阻抗较小)。2008年,Torres等利用双面深反应离子

刻蚀(deep reactive ion etching, DRIE)技术制作出被动式硅基 μ DMFC, 如图6所示, 极板表面淀积金属层为超过 $4\mu\text{m}$ 厚的Ni/Au层, 电池最高功率密度达 $10\text{mW}/\text{cm}^2$

。2009年Esquivel等进一步对被动式微型直接甲醇燃料电池集流板对性能的影响进行了实验分析和研究, 结果表明集流板开孔率不仅会影响输出功率而且与极化曲线的重复性有关。2011年D'urso等和Shen等提出了一种新颖的平面电池结构。这种结构将燃料电池的阴阳极置于MEA的同一侧, 有利于燃料管理和高度集成, 但电池的性能较低, 功率密度小于 $3\text{mW}/\text{cm}^2$ 。



图6 被动式硅基微型直接甲醇燃料电池照片^[67]

Fig. 6 Photograph of the Si-based passive μ DMFC^[67]

2 μ DMFC性能表现与面临的主要挑战

2.1性能表现

表2给出了国内外关于微型直接甲醇燃料电池的研究成果。从表中可以看出, 目前微型直接甲醇燃料电池极板加工主要是以硅和金属(不锈钢为主), 而且采用金属所完成的微型燃料电池性能更高些, 部分研究已经接近或者达到 $100\text{mW}/\text{cm}^2$

, 与常规尺寸的直接甲醇燃料电池性能拉近距离; 虽然被动式微型直接甲醇燃料电池性能有所提高, 但相对主动式来说仍相差较大, 一些关键技术仍有待研究; 大多数研究没有给出微型直接甲醇燃料电池的能量效率, 只有Zhang等在论文中给出了所完成的微型直接甲醇燃料电池在 40°C 时, 能量效率可达30%, 但与常规直接甲醇燃料电池效率仍相差较大。以上分析可知虽然微型直接甲醇燃料电池研究近几年取得了一些重要进展, 但是面临应用仍有许多关键技术亟待解决。

表 2 国际主要研究单位的 μ DMFC 的技术水平比较
Table 2 Performance comparison of μ DMFC developed in the world

	国家	年份	材料	温度/℃	功率密度/($\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}$)
中国科学院 ^[71]	中国	2008	硅	25	19.3
中国科学院 ^[72]	中国	2009	不锈钢	25	32.2
香港科技大学 ^[73]	中国	2008	不锈钢	23	10.3
清华大学 ^[74]	中国	2008	硅	25	9.12
产业技术综合研究所 ^[75]	日本	2009	硅	25	0.2
马来西亚国民大学 ^[76]	马来西亚	2009	PMMA	25	2.24
马来西亚国民大学 ^[52]	马来西亚	2010	不锈钢	25	14
巴塞罗那微电子研究所 ^[77]	西班牙	2009	硅	25	10
加州大学 ^[78]	美国	2009	硅	25	17
台湾“国立勤益科技大学” ^[79]	中国	2009	不锈钢	55	55
夏普公司 ^[57]	日本	2009	硅	25	12.7
康涅狄格大学 ^[80]	美国	2010	不锈钢	50	33
苏黎世联邦理工学院 ^[40]	瑞士	2010	环氧树脂	60	19
韩国陶瓷工程技术研究所 ^[81]	韩国	2010	镍	25	12.8
哈尔滨工业大学 ^[42]	中国	2010	不锈钢	60	91
波尔图大学 ^[82]	葡萄牙	2010	铜	20	14
华南理工大学 ^[83]	中国	2010	不锈钢	25	10.7
韩国科学技术院 ^[84]	韩国	2010	石墨	60	87
中国科学院 ^[85]	中国	2014	硅	25	41.6
东北大学 ^[86]	中国	2015	不锈钢	80	115

2.2 主要挑战

通过上述对国内外研究现状的综合分析可见，虽然近年来微型直接甲醇燃料电池的研究和开发取得了一定进展，但是还存在许多限制其发展的关键问题亟待解决，具体表现在以下几个方面。

2.2.1 甲醇渗透

甲醇渗透是制约微型直接甲醇燃料电池发展的关键问题。在微型直接甲醇燃料电池中，部分未参与电化学反应的甲醇分子会由阳极直接穿越 PEM 到达阴极，即甲醇渗透现象。甲醇渗透会对微型直接甲醇燃料电池性能造成不良的影响，主要有 2 点：

- 1) 渗透到阴极的甲醇分子会发生氧化反应产生混合过电位，降低微型直接甲醇燃料电池的工作电压
- 2) 造成燃料的浪费，以及产生多余的热量。

催化剂活性较低是另一个阻碍微型直接甲醇燃料电池的技术难题，特别是低温条件下的阳极催化剂氧化反应活性有待提高。另外，如果阳极催化剂活性提高，则会加快甲醇消耗，导致渗透量减少，还可以降低甲醇渗透的负面效应。

2.2.2 两相流管理

CO_2 气体对电池性能有很大影响，具体表现在 3 个方面：

- 1) 占据催化层表面的活性位置，阻止反应物颗粒与催化剂颗粒直接接触，降低电化学反应效率；

2) 占据扩散层中的孔隙并向流动方向运动, 形成与反应物流动反方向的对流, 阻碍甲醇分子传质;

3) 由于微型直接甲醇燃料电池极板流道尺寸为微

米级, 因此 CO_2

气泡极易堵塞流道, 不仅会占据流道与扩散层之间的有效面积, 还会对溶液正常流动产生一定的阻力, 并增加外界供液装置的动力损耗。

所以, 通过了解电池阳极 CO_2

气体的运动特性及分布规律, 建立高效的阳极 CO_2 气体管理机制, 才能保证 CO_2

气体快速排放, 进而提高电池性能。水分子在阴极催化层表面生成后, 通过扩散层进入阴极流道, 如果气体流速过低, 则会导致一部分液态水无法有效排出, 即产生所谓的阴极水淹现象。阴极水淹现象会阻塞多孔扩散层的孔隙以及阴极的流道, 严重阻碍氧气或空气的传输, 导致阴极供气不足, 浓差极化增大, 电池性能大幅度下降。所以, 阴极生成水应该迅速排出。但是同时, 质子交换膜应该具有一定的含水量, 以保证良好的传质性。可见微型直接甲醇燃料电池阴极的水管理具有一定的复杂性, 是制约电池性能的一个关键因素。由于阴极供氧式微型直接甲醇燃料电池的高速氧气气流可以将生成水迅速排出, 因此目前的阴极水管理研究主要针对于空气自呼吸式 μDMFC , 其阴极水淹现象只有依靠电池关键组件的材料与结构设计来解决。

2.2.3 电池组加工与集成

将来微型直接甲醇燃料电池的便携式应用将是高度微型化与集成化的系统, 但是目前还存在2点问题:

1) 电池组件的高精度制备与加工周期较长, 或者无法在规模化生产的前提下达到设计精度的要求;

2) 将多个微型直接甲醇燃料电池单体集成为电池组以后, 单体工作参数的均一性无法得到保证, 并且还存在反极、泄漏等其他问题, 所以对其电池组的结构设计也提出了更高的要求。

3 结论

1) 微型直接甲醇燃料电池在PDA、手机、笔记本电脑等消费型产品和无人机、单兵、野外侦察等微小型武器系统中都具有广阔的应用前景。

2) 微型直接甲醇燃料电池性能仍低于其理论值, 其原因是核心技术上还存在一系列的科学技术问题亟待解决, 特别是在物质传输、甲醇渗透、结构设计、材料加工等方面需要深入、系统的研究。

3) 为达到便携式电子设备对电源的需求, 微型直接甲醇燃料电池必然需要以电池组的形式对外供电, 所以亟需开展对电池组封装结构设计和运行寿命的研究。

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/150485.html>