

团 体 标 准

磁控溅射镀膜机

编 制 说 明

《磁控溅射镀膜机》小组

二〇二四年九月

目 录

一、工作简况	1
二、标准编制原则和主要内容	3
三、主要试验和情况分析	16
四、标准中涉及专利的情况	16
五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况	17
六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	17
七、重大意见分歧的处理依据和结果	17
八、标准性质的建议说明	17
九、贯彻标准的要求和措施建议	17
十、废止现行相关标准的建议	17
十一、其他应予说明的事项	17

《磁控溅射镀膜机》团体标准

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

随着工业技术的不断发展和进步，各种高性能、高质量薄膜的需求日益增加。磁控溅射镀膜技术作为一种先进的薄膜制备技术，以其精准控制膜层质量、工艺配方参数以及高沉积速率和良好膜层均匀性等优点，在半导体、微电子、光学、汽车、航空航天等多个领域得到了广泛应用。然而，目前国内市场上的高端磁控溅射镀膜设备多依赖进口，这不仅增加了生产成本，也限制了国内相关产业的发展。尽管磁控溅射镀膜技术具有诸多优势，但在实际应用过程中仍面临一些挑战和问题，如镀膜过程中可能会出现膜层质量不稳定、离化率低、均匀性和可重复性较差等问题，这主要是由于设备性能、工艺控制以及材料特性等多种因素的综合影响。

因此，为了提升在该领域的自主研发能力，打破技术垄断，立项开展磁控溅射镀膜机项目显得尤为重要。开展磁控溅射镀膜机项目具有重要意义。首先，通过自主研发和创新，可以打破国外技术垄断，提升我国在该领域的核心竞争力，推动相关产业的快速发展。其次，项目将针对磁控溅射镀膜过程中存在的问题进行深入研究和改进，优化设备性能和工艺控制，提高镀膜产品的质量和稳定性，满足市场需求。同时，项目还将注重环保和可持续发展，推动磁控溅射镀膜技术向绿色、低碳方向发展。最后，项目的成功实施将带动上下游产业链的发展，促进相关企业的技术进步和产业升级，为我国制造业的转型升级和高质量发展贡献力量。

（二）编制过程

为使本标准在镀膜机市场管理工作中起到规范信息化管理作用，标准起草工作组力求科学性、可操作性，以科学、谨慎的态度，在对我国现有镀膜机市场相关管理服务体系文件、模式基础上，经过综合分析、充分验证资料、反复讨论研究和修改，最终确定了本标准的主要内容。

标准起草工作组在标准起草期间主要开展工作情况如下：

1、项目立项及理论研究阶段

标准起草组成立伊始就对国内外镀膜机相关情况进行了深入的调查研究，同时广泛搜集相关标准和国外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，确定了镀膜机市场标准化管理中现存问题，结合现有产品实际应用经验，为标准起草奠定了基础。

标准起草组进一步研究了镀膜机需要具备的特殊条件，明确了技术要求和指标，为标准的具体起草指明了方向。

2、标准起草阶段

在理论研究基础上，起草组在标准编制过程中充分借鉴已有的理论研究和实践成果，基于我国市场行情，经过数次修订，形成了《磁控溅射镀膜机》标准草案。

3、标准征求意见阶段

形成标准草案之后，起草组召开了多次专家研讨会，从标准框架、标准起草等角度广泛征求多方意见，从理论完善和实际应用多方面提升标准的适用性和实用性。经过理论研究和方法验证，起草组形成了《磁控溅射镀膜机》（征求意见稿）。

（三）主要起草单位及起草人所做的工作

1、主要起草单位

协会、企业等多家单位的专家成立了规范起草小组，开展标准的编制工作。

经工作组的不懈努力，在 2024 年 9 月，完成了标准征求意见稿的编写工作。

2、起草人所做工作

广泛收集相关资料。在广泛调研、查阅和研究国际标准、国家标准、行业标准的基础之上，形成本标准草案稿。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

本标准依据相关行业标准，标准编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，本标准严格按照《标准化工作指南》和 GB/T 1.1《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》的要求进行编制。标准文本的编排采用中国标准编写模板 TCS 2009 版进行排版，确保标准文本的规范性。

（二）标准主要技术内容

本标准报批稿包括 8 个部分，主要内容如下：

1 范围

本文件规定了磁控溅射镀膜机的术语和定义、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存内容。

本文件适用于磁控溅射镀膜机。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储存图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 3797 电气控制设备

GB/T 6070 真空技术 法兰尺寸

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 19678.1 使用说明的编制构成、内容和表示方法 第1部分：通则和详细要求

GB/T 24468 半导体设备可靠性、可用性和维修性（RAM）的定义和测量规范

GB/T 30574 机械安全 安全防护的实施准则

JB/T 10463 真空磁流体动密封件

SJ/T 11512 集成电路用 电子浆料性能试验方法

IEC 60204-33 机械电气安全 机械电气设备 第33部分：半导体设备技术条件（Safety of machinery – Electrical equipment of machines - Part 33: Requirements for semiconductor fabrication equipment, IDT）

IEC 60364-4-41 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护
(Low-voltage electrical installations Part 4-41 : Protection for safety - Protection against electric shock)

IEC 60364-4-43 低压电气装置 第4-43部分：安全防护 过电流保护
(Low-voltage electrical installations - Part 4-43 : Protection for safety - Protection against overcurrent)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磁控溅射镀膜机 magnetron sputtering coater

是一种采用真空磁控溅射技术的设备，它通过阴极表面施加的磁场约束电子运动，增强气体离化率，从而实现高速、低温、低损伤地在基材上沉积金属、半导体或绝缘体等多种材料的薄膜层，是物理沉积技术的重要应用之一。

4 基本参数

基本参数见表1。

表 1 基本参数

序号	项目	要求
1	基材尺寸/mm	100×100、200×200、300×300、450×650、 650×1200、1000×2000、1200×2400等
2	基片厚度/mm	0.01~100

序号	项目	要求
3	电力	3相380 V $\pm$ 10%, 50 Hz (3AC, N, PE), (接地电阻 $\leq$ 4 Ω)
4	腔体漏率/ (Pa·m ³ /s)	1×10^{-12}
5	真空计测量范围 /Pa	1.0×10^{-6} ~大气压
6	工艺真空度/Pa	5×10^{-4} (20 min达到)
7	极限真空度/Pa	1.0×10^{-6}
8	工艺气体数量	五路 (可定制)
9	靶枪种类	平面矩形阴极/旋转靶枪/圆柱靶枪/平面圆柱 旋转靶枪/双旋转靶枪/变距平面靶枪
10	靶基距/mm	60~150 (根据工艺要求确定)
11	冷却方式	水冷 (超纯水)
12	传动系统	卧式输送方式/水平旋转平台/立式输送方式
13	片间膜厚稳定性	$\leq$ 2%

5 技术要求

5.1 工作环境

磁控溅射镀膜机工作环境条件应满足以下条件:

- 温度: 20 °C~28 °C;
- 相对湿度: 20%~55%;
- 洁净度: 百万级。

5.2 基本要求

5.2.1 磁控溅射镀膜机应按制造企业规定程序批准的图样和技术文件制造。

5.2.2 基片架输送平台应运转平稳，无异常声响，无卡阻现象。

5.2.3 真空系统应无泄漏，泵组运行平稳无异常声音，抽速符合要求。

5.2.4 执行机构动作应协调准确、顺畅。

5.2.5 水冷系统应畅通，各冷却部件应供水充分，无渗漏现象。

5.2.6 设备中外购的配套产品，应有质量合格证。设备中自制的配套产品，经制造厂检验部门检验合格后方可使用。

5.2.7 需用润滑脂的动密封处应充入适量真空油脂。

5.3 外观质量

5.3.1 外露加工不应有磕碰、划伤、锈蚀等有损质量的缺陷。

5.3.2 外露非加工表面不应有凸瘤、凹陷、气孔等影响质量的缺陷。

5.3.3 焊缝应牢固，连接焊缝不应出现间断、焊瘤、表面气孔和裂纹等缺陷。

5.3.4 涂漆件的涂层应光滑、平整、颜色、光泽应均匀一致，外观不应出现明显凹陷不平、砂纸道痕、流挂、气泡等缺陷。

5.3.5 安全防护罩应表面平整，间隙均匀，圆弧光滑，不应有凸起、凹陷和翘曲等现象。

5.3.6 水路、气动等管路布置应整齐有序固定牢靠，管路不应产生扭曲、折叠等现象。

5.3.7 标牌应平整、光洁、固定应牢靠，不应有铆裂、偏斜等缺陷。

5.3.8 设备镀膜室内表面及各密封表面的表面应平整，且应对工作时处于真空状态的各表面应进行有效的真空清洁处理并予以干燥。

5.3.9 设备尺寸应符合 GB/T 6070 的要求，静动密封零部件应符合 JB/T 10463 的要求。

5.4 真空要求

5.4.1 系统从干燥气体保护下开始抽气，真空工艺腔室 20 min 可达到 5×10^{-4} Pa。

5.4.2 经烘烤除气后，极限真空 $\leq 1.0 \times 10^{-5}$ Pa，腔体漏率 $\leq 1.0 \times 10^{-12}$ Pa·m³/s。

5.4.3 在保压测试环节，系统抽至高真空后停泵关机保压 24 h 后，真空度 ≤ 10 Pa。

5.5 控制系统

5.5.1 磁控溅射镀膜机控制系统功能应具备以下要求：

- 真空系统控制与监测；
- 靶枪运行功率和电流控制与监测；
- 基片平台运动控制与监测；
- 工艺气体系统控制与监测；
- 异常报警提示，可查询异常报警记录。

5.5.2 磁控溅射镀膜机的基片平台运动系统应运行平稳、灵活、轻便、无阻滞、无异常声音。

5.5.3 气路和水路管路应连接可靠，无泄漏现象。

5.5.4 磁控溅射镀膜机的操作按键应灵敏可靠，执行机构动作应协调准确、无卡阻或自发性移动。

5.5.5 磁控溅射镀膜机的零部件、紧固件的连接应牢固可靠，无松动现象。

5.5.6 磁控溅射镀膜机真空系统运行流畅、无泄漏。

5.5.7 磁控溅射镀膜机的靶枪系统可以正常启动且溅射正常。

5.6 安全防护

5.6.1 关键部位的水冷却系统中应有断电或水压不足的报警装置，并与电源、真空系统、传动系统相关联部分有连锁保护机构。

5.6.2 设备与其附属的电气装置之间的连接导线应有防止磨损或碰伤的保护措施。

5.6.3 设备与电气线路及电气原件应保证不受冷却液、润滑油及其他有害物质的影响。

5.6.4 电控系统中，应采取相应的短路保护、过电流保护等必要的防护措施。

5.6.5 外露的齿轮、皮带轮等应有可靠的防护装置。

5.6.6 液压和气压系统应有压力指示仪表及调节压力的安全装置。

5.6.7 设备有关部位应装设为操作和安全所必需的标牌和标记。

5.6.8 防护装置应符合 GB/T30574、IEC60364-4-41、IEC60364-4-43 的要求。

5.7 电气安全

5.7.1 电气设备和机械的所有外露可导电部分应连接到保护接地电路上，所有保护导线应进行端子连接，一个端子应连接一根保护导线，保护导线连接件不应作任何别的机械紧固用。

5.7.2 设备上的电气线路及电气元件应保证不受冷却液、润滑油及其他有害物质的影响。

5.7.3 设备运转中突然停电后，恢复供电时电器不应自行接通。

5.7.4 在设备电气线路中，针对负载情况应有过电流、过载及过热保护装置。

5.7.5 在动力电路导线和保护联结电路之间施加 500 V 直流电压时，测得的绝缘电阻不应小于 1 M Ω 。

5.7.6 在动力电路导线和保护联接电路之间施加 1000 V 的电压、时间至少 1 s，不应出现击穿放电现象。

5.7.7 电保护联结电路的连续性应符合 IEC60204-33 的规定。

5.7.8 电气系统的光标按钮、指示灯和显示器、标记、警告标志和参照代号，应符合 IEC60204-33 的规定。

5.8 噪声

气氛退火设备的整机运转噪声不应大于 (65 $\pm$ 2) dB(A)。

6 试验方法

6.1 试验条件

磁控溅射镀膜机在进行试验前，应完成所有安装和调试工作，试验环境条件应满足5.1的要求。

6.2 基本要求试验

应采用目视检查，结果应满足5.2的要求。

6.3 外观质量试验

设备尺寸、静动密封零部件应按GB/T 6070、GB/T 24468、JB/T 10463的要求进行试验，其他采用目视和手动检查，结果应满足5.3的要求。

6.4 真空要求试验

6.4.1 真空密封性试验条件应满足以下要求：

——镀膜室内为空载（既不安放被镀件），但不应拆去设备正常工作应安装的靶枪；

- 所用真空计应校验合格且在使用有效期内；
- 出现密封性问题，应使用检漏仪进行氦气测漏检验；
- 真空腔室的测试应满足 5.4 的要求。

6.4.2 试验方法应按照以下要求进行：

- 对设备进行抽真空操作，详细记录真空系统各部件启动时间，达到要求时间；
- 进行多次试验，对结过进行比对；
- 进行极限真空测试，连续运行测试；
- 对设备抽真空后，停机保压，进行 24h 保压测试。

6.5 控制系统试验

6.5.1 应按照 GB/T 3797、SJ/T 11512 的要求进行试验，目视和操作检查各操作部位及功能，结果应满足 5.5 的要求。

6.5.2 整机空运转试验合格后，应进行不小于 30 min 的带载溅射试验。在打靶试验过程中，检查靶枪启辉、工艺气体输入、各执行机构运行状态、定长控制正常、可靠情况，控制有效情况。带载试验过程中应对镀膜后的膜厚均匀性进行测试，测试方法如下：

- 膜厚采用专用仪进行测试，膜层厚度应 $100\text{ nm}\pm 10\text{ nm}$ ，每个测试点位测量 3 次，取 3 个测量值的均值进行相关计算。
- 测试点平均分布于玻璃基板有效区域内，不同尺寸基片测试点数量不同。

6.6 安全防护试验

应按 GB/T 30574、IEC60364-4-41、IEC60364-4-43 的要求进行试验，目视和操作检查各部位及防护装置，结果应满足 5.6 的要求。

6.7 电气安全试验

6.7.1 电气系统的线路、导线等，用目测和感官检查应满足 5.7 的规定。

6.7.2 应按 IEC60204-33 的要求进行试验，检测绝缘电阻其结果应满足 5.7 的规定。

6.7.3 应按 IEC60204-33 的要求进行试验，检测其耐压强度其结果应满足 5.7 的规定。

6.7.4 应按 IEC60204-33 的要求进行试验，目视电气系统安全配置，检查保护联结电路的连续性。

6.7.5 电气系统的操动器、指示灯和显示器、配线及标记、警告标志和参照代号应按 IEC60204-33 的要求进行试验。

6.8 噪声试验

在磁控溅射镀膜机运转状态下，应按 GB/T 3768 规定的方法测量噪声声压值。在环境噪声不应大于 50 dB (A) 的场地上进行测量。机器以最高速度空运转时，开启机器所有噪声源，用声级计测量机器四周的噪声。机器的周围不应放置障碍物，且与墙壁的距离应大于 2 m，测量点距地面高度为 1.5 m，距机器四周外轮廓线 1 m，噪声以各测量点噪声值的最大值计，结果应满足 5.8 的要求。

7 检验规则

7.1 检验项目

检验可分为出厂检验和型式检验。

7.2 组批

产品应以批为单位进行检验，同一型号、同一工艺连续生产的产品为一批。

7.3 抽样

7.3.1 抽样方法应按 GB/T 2828.1 的要求执行。

7.3.2 抽样样品批次应粘贴标签，注明产品名称、产品型号、生产批号、抽样日期和抽样者姓名等。

7.4 出厂检验

7.4.1 磁控溅射镀膜机出厂前，应经质检部门检验合格后方可出厂，并附有产品合格证和使用说明。

7.4.2 出厂检验项目见表 2。

7.4.3 出厂检验判定为不合格时，应允许重新进行修正，再次进行出厂检验，合格后方可出厂。

7.5 型式检验

7.5.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定时；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 正常生产时，每两年进行一次；
- 产品停产一年以上，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验的结果有较大差异时；
- 各级质量监督机构要求进行型式检验时。

7.5.2 型式检验项目见表 2。

7.5.3 型式检验应从出厂检验的产品中随机抽取 1 台~2 台。

7.5.4 型式检验中若有不合格项，应允许对样机进行调整修复或者加倍量抽检，对不合格项进行复检，若仍不合格，应判定型式检验为不合格。

表 2 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	基本要求	5.2	6.2	√	√
2	外观质量	5.3	6.3	√	√
3	真空要求	5.4	6.4	√	√
4	控制系统	5.5	6.5	√	√
5	安全防护	5.6	6.6	√	√
6	电气安全	5.7	6.7	√	√
7	噪声	5.8	6.8	—	√
注：“√”为必选项目，“—”为可选项目。					

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志

8.1.1 磁控溅射镀膜机标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.1.2 每台磁控溅射镀膜机应在明显位置固定产品标牌，且应牢固、耐用，并能长期地固定在醒目的位置上，标牌应符合 GB/T 13306 的规定。

8.1.3 铭牌上应包含以下内容：

- 制造厂名及商标；
- 产品型号及名称；
- 设备尺寸；
- 设备重量；

- 腔体材质；
- 靶材；
- 溅射电源；
- 执行标准号；
- 出厂编号及日期。

8.1.4 使用说明书的编写应符合 GB/T 19678 的规定。

8.1.5 除铭牌的内容外，说明书还应包含下列内容：

- 结构和工作原理；
- 主要技术参数；
- 设备启动和停止操作说明；
- 安装说明；
- 常见故障和排除方法。

8.2 包装

8.2.1 包装前应对未做防锈处理的金属表面涂以防锈油脂。对整机包装的设备包装前镀膜室应抽成真空状态并关闭所有阀门。

8.2.2 包装前应将设备中的残余积水或废屑清理干净，密封面不应受损伤，对易锈金属应采取防锈措施。

8.2.3 包装应采取防震、防潮、防御等措施，不应发生损坏、锈蚀及降低精度等。

8.2.4 包装箱上应有防水且不易脱落的发货标志，包装应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.5 包装箱应有起吊、怕湿、重心点、防止倾倒等标志。

8.2.6 附件、备件、工具应固定在包装箱内空隙处。随机文件应用塑料袋封装,放入包装箱内,在包装箱外相应部位上注明“箱内装有随机文件”字样。

8.3 运输

8.3.1 运输工具应清洁、卫生,装卸货时,应轻拿轻放,严禁扔摔撞击、挤压。

8.3.2 在运输过程中有可能松脱的零部件应有防松、垫、托等措施。

8.3.3 运输过程中不应受到日晒、雨淋和剧烈震动。

8.3.4 不应与有毒、有害、有腐蚀性、易挥发或者有异味的物品混装运输。

8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在阴凉、通风、干燥的库房中,严禁露天堆放、日晒、雨淋或靠近热源。

8.4.2 在贮存过程中,应采用氮气保护。

8.4.3 贮存期超过1年时,出厂前应重新进行出厂检验,合格后方可出厂。

8.4.4 产品不应与有毒、有害、有腐蚀性、易挥发或者有异味的物品同库贮存。

三、主要试验和情况分析

结合国内外的行业测试标准和企业内部工厂管控的项目进行要求规定和试验验证。

四、标准中涉及专利的情况

无

五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况

镀膜机企业规范运营，在国际市场上有机会与其他各国（相关）企业竞争。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

七、重大意见分歧的处理依据和结果

标准制定过程中，未出现重大意见分歧。

八、标准性质的建议说明

本标准为团体标准，供社会各界自愿使用。

九、贯彻标准的要求和措施建议

无。

十、废止现行相关标准的建议

本标准为首次发布。

十一、其他应予说明的事项

无。