

中华人民共和国电子行业标准

SJ/T XXXXX—20XX

半导体设备 集成电路制造用化学气相淀积
(CVD)设备测试方法

Semiconductor equipment — Test method of chemical vapor deposition (CVD)
equipment for integrated circuit (IC) manufacturing

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

工业和信息化部标准报批稿公示

目次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 测试条件	1
6 一般测试	1
6.1 外观	1
6.2 安全性	2
6.3 人机工程学	2
7 硬件测试	2
7.1 密封性	2
7.2 反应室压力	3
7.3 温度	3
7.4 射频电源控制精度	5
7.5 工艺气体控制精度	5
7.6 液态源温度控制精度	5
8 工艺参数测试	5
8.1 通则	5
8.2 取点和均匀性	6
8.3 膜厚	8
8.4 应力	8
8.5 硬度和杨式模量	8
8.6 粘附能	8
8.7 粗糙度	9
8.8 缺陷	9
8.9 薄膜电阻	9
8.10 折射率	9
8.11 介电常数	9
8.12 薄膜击穿电压和漏电流	9
8.13 成分和成键方式	9
8.14 湿法刻蚀速率	10
8.15 颗粒污染控制	10
8.16 金属污染控制	10
8.17 自清洁功能	10
9 可靠性测试	11
9.1 开机率	11
9.2 传片可靠性	11
9.3 平均破片率	11
10 测试报告	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国半导体设备和材料标准化技术委员会（SAC/TC 203）提出并归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、北京北方华创微电子设备有限公司、中芯国际集成电路制造（上海）有限公司、深圳赛西信息技术有限公司、江苏微导纳米科技股份有限公司、中国电子科技集团公司第四十八研究所、长鑫存储技术有限公司、拓荆科技股份有限公司、上海积塔半导体有限公司、江阴市辉龙电热电器有限公司、上海集迦电子科技有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所、上海卡贝尼实业发展有限公司、吉姆西半导体科技（无锡）股份有限公司、深圳市纳设智能装备股份有限公司、上海隆通半导体能源科技股份有限公司、江苏富乐华半导体科技股份有限公司、无锡尚积半导体科技有限公司、江苏卓远半导体有限公司。

本文件主要起草人：南江、任翔、菅端端、秦海丰、王昊、刘志鑫、倪昊、谭瑞琥、陈思亮、周仁、黎微明、王卓、王佳方、邓启华、陈长平、李昭、王卓、刘峰松、闫晓晖、王伟华、苗培仁、朱文龙、赵英伟、马培圣、李波、陶近翁、王向荣、孙劲松、陈炳安、封拥军、马敬伟、王世宽、张新峰、李国平。

半导体设备 集成电路制造用化学气相淀积(CVD)设备测试方法

1 范围

本文件描述了集成电路制造用化学气相淀积(CVD)设备的测试方法。

本文件适用于集成电路制造中使用的CVD设备在技术开发、出厂检测、客户端验证、第三方测试等阶段的测试。其他半导体产品制造用的CVD设备或其他阶段的测试可参照使用。

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 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 40577 集成电路制造设备术语

SJ/T 10583 气体质量流量控制器通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 40577界定的术语和定义适用于本文件。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AFM: 原子力显微镜 (Atomic Force Microscope)

ICP-MS: 电感耦合等离子体-质谱 (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)

MFC: 质量流量控制器 (Mass Flow Controller)

SEM: 扫描电子显微镜 (Scanning Electron Microscope)

TC: 热电偶 (Thermocouple)

TXRF: 全反射荧光X射线分析 (Total Reflection X-ray Fluorescence)

VPD: 气相分解 (Vapor Phase Decomposition)

WER: 湿法刻蚀速率 (Wet Etch Rate)

5 测试条件

除另有规定外,CVD设备测试所需的环境条件、电源条件、冷却液条件、供排气条件应不低于CVD设备产品标准中对CVD设备工作所需条件的规定。

6 一般测试

6.1 外观

使用目测法，对CVD设备的表面和涂镀层、结构件和控制元件、螺钉等紧固件、电路和电路连接端的标记、铭牌的内容等进行检查。

6.2 安全性

对CVD设备的警示标识、互锁、紧急停止、电气设计、防火、机械设计、环境、排风、化学品安全等安全相关的功能进行试验。

6.3 人机工程学

对CVD设备的手柄设计、可维护性、显示位置及角度等人机工程学相关的设计进行测试。

7 硬件测试

7.1 密封性

7.1.1 极限真空度和极限真空度到达时间

CVD设备的极限真空度和极限真空度到达时间按照以下方法进行测试：

- 从大气状态开始，对反应室抽真空，用计时器开始计时，用压力检测仪表检测真空度；
- 当真空度不再明显变化时，记录压力检测仪表最后显示的真空度数值，作为设备的极限真空度，同时记录达到此状态所用的时间，作为极限真空度到达时间。

7.1.2 反应室漏气率

CVD设备的反应室漏气率按照以下方法进行测试：

- 将反应室抽真空至极限真空；
- 关闭腔室前端和后端的阀门，确保各真空阀门密封性良好，无漏气；
- 在干净、空载、待机的状态下，在 T_1 和 T_2 两个时间点测量两个真空度数值 P_1 和 P_2 ， T_1 和 T_2 两个时间点的间隔不短于 3 min；
- 使用公式（1）计算反应室漏气率 Q_1 。

$$Q_1 = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- Q_1 ——反应室漏气率；
- T_1 ——反应室漏气率测试起始时间点；
- T_2 ——反应室漏气率测试结束时间点；
- P_1 ——反应室漏气率测试起始时间点测得的真空度数值；
- P_2 ——反应室漏气率测试结束时间点测得的真空度数值。

7.1.3 气路管道漏气率

CVD设备的气路管道漏气率按照以下方法进行测试：

- 打开设备上所有与反应室相连的气路管道上的真空阀门，并关闭该设备所有的厂务供气阀门，流量计设置为全开模式，将反应室和气路管道作为一个整体，抽至极限真空；
- 关闭腔室后端的阀门，确保各真空阀门密封性良好，无漏气；
- 在干净、空载、待机的状态下，在 T_3 和 T_4 两个时间点测量两个真空度数值 P_3 和 P_4 ， T_3 和 T_4 两个时间点的间隔不短于 3 min；
- 使用公式（2）计算带管道的反应室的漏气率 Q_2 ；

$$Q_2 = \frac{P_4 - P_3}{T_4 - T_3} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- Q_2 ——带管道的反应室的漏气率；
- T_3 ——带管道反应室漏气率测试起始时间点；
- T_4 ——带管道反应室漏气率测试结束时间点；
- P_3 ——带管道反应室漏气率测试起始时间点测得的真空度数值；
- P_4 ——带管道反应室漏气率测试结束时间点测得的真空度数值。

e) 使用公式(3)计算气路管道的漏气率。

$$Q_3 = Q_2 - Q_1 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

- Q_3 ——气路管道漏气率；
- Q_2 ——带管道的反应室的漏气率；
- Q_1 ——反应室漏气率。

7.2 反应室压力

7.2.1 反应室压力控制范围

CVD设备的反应室压力控制范围按照以下方法进行测试：

- a) 向反应室通入一定量的安全气体（如 HPN_2 ）或工艺气体；
- b) 将压力设置为规定范围内的最大压力值，待压力稳定后，观察并记录压力检测仪表检测到的压力值是否可以达到设定值；
- c) 针对规定范围内的最小压力值和其他压力值，重复上述测试。

7.2.2 反应室压力控制精度

CVD设备的反应室压力控制精度按照以下方法进行测试：

- a) 向反应室通入一定量的安全气体（如 HPN_2 ）或工艺气体，将压力设置为规定范围内的指定压力值；
- b) 待压力稳定后，观察并记录 30min 内压力检测仪表检测到的最大值和最小值；
- c) 分别计算测得的最大值和最小值与设定值差值的绝对值，将其中较大的绝对值记录为最大正负偏差，作为反应室压力控制精度。

7.2.3 反应室压力稳定时间

CVD设备的反应室压力稳定时间按照以下方法进行测试：

- a) 向反应室通入一定量的安全气体（如 HPN_2 ）或工艺气体；
- b) 将压力设置为规定范围内的指定压力值，用计时器开始计时；
- c) 当压力稳定到设定值时，记录达到此状态所用的时间，作为压力稳定时间。

7.3 温度

7.3.1 通则

CVD设备使用自带的温度传感器对不同温区的温度进行控制和测量。

在测试开始前，首先应使用经过校准的热电偶片（TC Wafer）对设备自带的温度传感器进行校准，校准后的自带温度传感器可用于对温度控制指标的测试。

对于未安装温度传感器的位置，宜使用临时的温度传感器进行测试。

7.3.2 温度控制范围

CVD设备的温度控制范围按照以下方法进行测试：

- a) 将加热电极温度设置为设计温度范围的最高值，待温度稳定后，观察并记录实际测试温度是否与设置温度相符；
- b) 将加热电极温度设置为设计温度范围的最低值，待温度稳定后，观察并记录实际测试温度是否与设置温度相符。

7.3.3 温度控制精度

CVD设备的温度控制精度按照以下方法进行测试：

- a) 将加热电极温度设置为设计温度范围的最高值；
- b) 待温度稳定后，每间隔 10min 记录一次温度检测值 T_i ，连续记录 2h；
- c) 使用公式（4）计算测得温度标准差 σ ，作为在设计温度范围最高值下的温度控制精度；

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- σ ——温度控制精度；
- \bar{T} ——各次温度检测值的平均值；
- T_i ——各次温度检测值；
- n ——检测次数。

- d) 将加热电极温度设置为工艺温度典型值，重复步骤 b) 和步骤 c)，得到在工艺温度典型值下的温度控制精度。

7.3.4 温度重复性

CVD设备的温度重复性按照以下方法进行测试：

- a) 将加热电极的温度设置为工艺温度典型值 T ；
- b) 待温度持续稳定在设置值 30min 后，记录检测到的温度值 T_{ai} ；
- c) 关闭加热装置，待加热电极的温度降到室温后，保持温度设置值不变，重新启动加热装置；
- d) 待温度持续稳定在设置值 30min 后，记录检测到的温度值 T_{bi} ，计算两次检测到的温度值的偏差 $T_{bi}-T_{ai}$ ；
- e) 将上述步骤重复 3 次，分别记录 3 次的温度值的偏差，得到在工艺温度典型值下的温度重复性。

7.3.5 升温速率

CVD设备的升温速率按照以下方法进行测试：

- a) 将加热电极温度设置为设计温度范围的最低值 T_L ；
- b) 待温度稳定后，将加热电极温度设置为设计温度范围的最高值 T_H ，并开始计时；
- c) 记录温度到达设定值的时间，计算升温所用时间 t ；
- d) 使用公式（5）计算升温速率 V_t 。

$$V_t = \frac{T_H - T_L}{t} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- V_t ——升温速率；
- T_H ——设计温度范围的最高值；
- T_L ——设计温度范围的最低值；
- t ——升温所用时间。

7.3.6 极板温度均匀性

CVD设备的极板温度均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 将加热电极的温度设置为工艺温度典型值 T ；
- b) 使用尺寸与设备可加工晶圆尺寸一致的热电偶片（TC Wafer），对极板上多个点的温度进行测试，计算不同点的温度偏差，对极板温度均匀性进行分析。

7.3.7 室壁温度控制

CVD设备的室壁温度控制按照以下方法进行测试：

- a) 将加热电极温度设置为工艺温度典型值 T ，待温度达到 T 后，稳定 30min；
- b) 对于加装有室壁热交换水的设备，待热交换器加热到设定温度值后，稳定 30min；
- c) 将温度测量仪器对准反应室侧壁和顶部，对不同方位的温度进行测试，计算不同方位的温度偏差；
- d) 将上述步骤重复 3 次，对比同方位的温度数据，计算温度偏差。

7.4 射频电源控制精度

根据具体的测试需求，宜从下列方法中选择一种，对CVD设备的射频电源控制精度进行测试：

- 1) 查阅设备上所用射频电源的生产企业提供的校准报告，确认射频电源的控制精度是否满足CVD设备的工艺要求；
- 2) 在100W到射频电源允许的最高功率的范围内，以100W为步长依次设置多个工作功率点，记录设定功率与实际输出功率的偏差，计算偏差占设定值的百分比，同时记录射频匹配器的反射功率，并计算反射值占设定值的百分比，确认射频电源的控制精度是否满足CVD设备的工艺要求。

7.5 工艺气体控制精度

CVD设备的工艺气体使用质量流量控制器（MFC）进行控制。根据具体的测试需求，宜从下列方法中选择一种，对CVD设备的工艺气体控制精度进行测试：

- 1) 查阅设备上所用MFC的生产企业提供的校准报告，确认MFC的工艺气体控制精度是否满足CVD设备的工艺要求；
- 2) 根据SJ/T 10583中规定的测试方法，对MFC的工艺气体控制精度进行测试，确认MFC的控制精度是否满足CVD设备的工艺要求。

7.6 液态源温度控制精度

CVD设备的液态源温度控制精度按照以下方法进行测试：

- a) 将液态源管路的加热带或恒温箱（hotbox）的温度设置为工艺温度典型值；
- b) 待温度达到设定值并稳定后，观察并记录 10min 内温度检测仪表检测到的温度最大值和最小值；
- c) 分别计算测得的最大值和最小值与设定值差值的绝对值，将其中较大的绝对值记录为最大正负偏差，得到液态源温度控制精度。

8 工艺参数测试

8.1 通则

根据CVD设备淀积薄膜的种类和具体的测试需求，按照表1列出的项目对CVD设备的工艺参数进行测试。

表1 不同类型 CVD 薄膜的测试项目

序号	项目名称	介质膜	金属膜	测试方法 章条号	取点方法 章条号	均匀性方法 章条号
1	膜厚	●	●	8.3	8.2.2 (49点)	8.2.4 (片内)、 8.2.5 (片间)、 8.2.6 (批间)
2	应力	●	●	8.4	*	*
3	硬度和杨氏模量	●	●	8.5	*	*
4	粘附能	●	●	8.6	—	—
5	粗糙度	●	●	8.7	—	—
6	缺陷	●	●	8.8	—	—
7	薄膜电阻	—	●	8.9	8.2.3 (19点)	8.2.4 (片内)
8	折射率	●	—	8.10	8.2.2 (49点)	8.2.4 (片内)
9	介电常数	●	—	8.11	8.2.3 (19点)	8.2.4 (片内)
10	薄膜击穿电压和漏电流	●	—	8.12	8.2.3 (19点)	8.2.4 (片内)
11	成分和成键方式	●	—	8.13	—	—
12	湿法刻蚀速率	●	—	8.14	—	—

注：“●”表示该类薄膜应进行的测试项目，“—”表示不涉及的测试项目，或不涉及取点和均匀性计算，“*”表示不使用通用的取点和均匀性计算方法

8.2 取点和均匀性

8.2.1 通则

除另有规定外，对于需要计算片内均匀性、片间均匀性和批间均匀性的工艺参数，按照本节规定的方法进行取点和计算。

8.2.2 49点取点

对于圆形晶圆，按圆心角30°将圆周十二等分，将半径五等分，共取49个点，见图1。

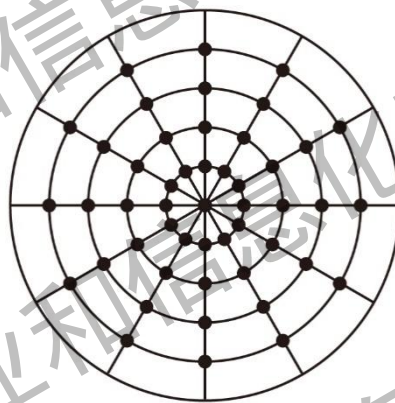


图1 49点取点位置

8.2.3 19点取点

对于圆形晶圆，按圆心角40°将圆周九等分，将半径三等分，共取19个点，见图2。

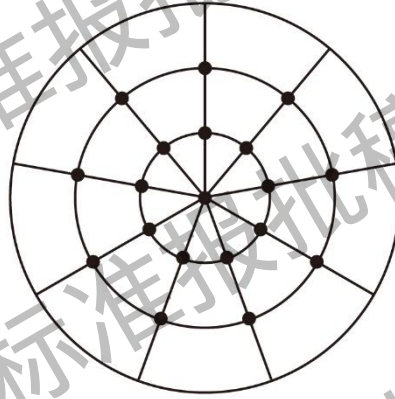


图2 19点取点位置

8.2.4 片内均匀性

CVD设备的片内均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 对一片晶圆上的49个点或19个点进行测试；
- b) 用公式(6)计算片内均匀性 S_1 。

$$S_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} (T_i - \bar{T}_a)^2}}{\bar{T}_a} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

式中：

- S_1 ——片内均匀性；
- T_i ——第*i*个点的测试结果；
- \bar{T}_a ——49个点或19个点的 T_i 的平均值， $\bar{T}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} T_i$ ；
- n_a ——测试点数。

8.2.5 片间均匀性

CVD设备的片间均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 对一批晶圆（不少于6片）的49个点进行测试；
- b) 用公式(7)计算片间均匀性 S_2 。

$$S_2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} (T_j - \bar{T}_b)^2}}{\bar{T}_b} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

式中：

- S_2 ——片间均匀性；
- T_j ——第*j*片晶圆内49个点的测试结果的平均值；
- \bar{T}_b ——该批晶圆的 T_j 的平均值， $\bar{T}_b = \frac{1}{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} T_j$ ；
- n_b ——测试片数。

8.2.6 批间均匀性

CVD设备的批间均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 对3批以上晶圆（每批不少于6片）的49个点进行测试；
- b) 用公式(8)计算批间均匀性 S_3 。

$$S_3 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_c} \sum_{k=1}^{n_c} (T_k - \bar{T}_c)^2}}{\bar{T}_c} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

式中：

- S_3 ——批间均匀性；
- T_k ——第k批晶圆内所有点的测试结果的平均值；
- \bar{T}_c ——各批晶圆的 T_k 的平均值， $\bar{T}_c = \frac{1}{n_c} \sum_{k=1}^{n_c} T_k$ ；
- n_c ——测试批数。

8.3 膜厚

CVD设备的膜厚按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用膜厚仪对所淀积的薄膜的厚度进行测试，与指定的淀积厚度进行对比；
- c) 按照 8.2.2 规定的位置取 49 个点，分别按照 8.2.4、8.2.5、8.2.6 规定的方法测试并计算膜厚的片内均匀性、片间均匀性和批间均匀性。

8.4 应力

CVD设备的应力按照以下方法进行测试：

- a) 取干净的晶圆，在晶圆的任意一条直径上取均匀分布的 51 个点，用应力测试仪对该 51 个点的曲率半径进行测试，得到薄膜淀积前的曲率半径；
- b) 将晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- c) 再次用应力测试仪对该 51 个点的曲率半径进行测试，得到薄膜淀积后的曲率半径，并由应力测试仪基于薄膜淀积前和淀积后的曲率半径等参数得到所淀积薄膜的应力。

8.5 硬度和杨氏模量

CVD设备的硬度和杨氏模量按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 将淀积了薄膜的整片晶圆裂片为大小满足纳米压痕仪要求的小片；
- c) 使用纳米压痕仪对裂片后得到的小片进行纳米压痕测试，并由纳米压痕仪基于最大加载载荷、压痕参与面积等参数得到所淀积薄膜的硬度和杨氏模量。

8.6 粘附能

CVD设备的粘附能按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，依次运行薄膜材料 A 和薄膜材料 B 的淀积工艺，分别淀积指定厚度的材料 A 膜层和材料 B 膜层；
- b) 将淀积了多层薄膜的晶圆置于微机控制电子万能试验机上，晶圆放置的位置如图 3 所示；
- c) 操作微机控制电子万能试验机移动横梁，对样品进行弯曲测试，由微机控制电子万能试验机基于负载、位移等参数得到 CVD 设备淀积的材料 A 对材料 B 的粘附能。

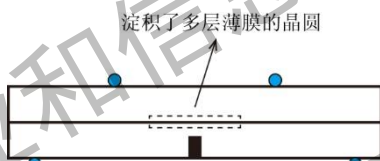


图 3 粘附性测试晶圆放置位置示意图

8.7 粗糙度

CVD设备的粗糙度按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 将淀积了薄膜的整片晶圆裂片为大小满足原子力显微镜（AFM）要求的小片；
- c) 使用 AFM，对裂片后得到的小片表面 $5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$ 的范围进行扫描，得到所淀积薄膜的粗糙度和表面形貌图。

8.8 缺陷

CVD设备的缺陷按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用颗粒测试仪，对淀积了薄膜的整片晶圆进行全片扫描，检查所淀积的薄膜表面是否有缺陷。

8.9 薄膜电阻

CVD设备的薄膜电阻按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用电阻率测试仪对所淀积的薄膜的薄膜电阻进行测试；
- c) 按照 8.2.3 规定的位置取 19 个点，按照 8.2.4 规定的方法测试并计算薄膜电阻的片内均匀性。

8.10 折射率

CVD设备的折射率按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用膜厚仪的折射率测试功能对所淀积的薄膜的折射率进行测试；
- c) 按照 8.2.2 规定的位置，取与 8.3 膜厚测试相同的 49 个点，按照 8.2.4 规定的方法测试并计算折射率的片内均匀性。

8.11 介电常数

CVD设备的介电常数按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用汞探针测试仪对所淀积的薄膜的介电常数进行测试，测试时使用直流电压，电压范围一般为 -5V 至 5V ；
- c) 按照 8.2.3 规定的位置取 19 个点，按照 8.2.4 规定的方法测试并计算介电常数的片内均匀性。

8.12 薄膜击穿电压和漏电流

CVD设备的薄膜击穿电压和漏电流按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用汞探针测试仪对所淀积的薄膜的电压-电流曲线进行测试，得到不同负载电压下薄膜中通过的电流值，作为所淀积薄膜的漏电流，同时得到负载电压升高过程中电流骤然上升时的负载电压值，作为所淀积薄膜的击穿电压；
- c) 按照 8.2.3 规定的位置取 19 个点，按照 8.2.4 规定的方法测试并计算薄膜击穿电压和漏电流的片内均匀性。

8.13 成分和成键方式

CVD设备的成分和成键方式按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行指定材料的淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用傅里叶红外光谱仪或者 X 射线光子能谱仪对所淀积的薄膜进行测试，识别出所淀积薄膜的主要原子组成和成键方式，判断与所淀积材料的理论情况是否相符。

8.14 湿法刻蚀速率

CVD设备的湿法刻蚀速率（WER）按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行指定材料的淀积工艺，淀积指定厚度的膜层；
- b) 使用膜厚仪对所淀积薄膜的初始厚度进行测试，记录为 T_1 ；
- c) 将晶圆放入湿法设备，使用刻蚀溶液进行湿法刻蚀，刻蚀时长为 t ， t 不短于 2min；
- d) 使用膜厚仪对湿法刻蚀后薄膜的厚度进行测试，记录为 T_2 ；
- e) 使用公式（9）计算 WER。

$$WER = \frac{T_1 - T_2}{t} \dots\dots\dots (9)$$

8.15 颗粒污染控制

8.15.1 机械颗粒控制

CVD设备的机械颗粒控制按照以下方法进行测试：

- a) 使用颗粒测试仪对干净的晶圆进行第一次颗粒数测试，测试结果记为前值 N_1 ；
- b) 完成前值测试之后，迅速将晶圆送入载片室，避免晶圆在运送过程中被其他颗粒污染；
- c) 控制晶圆完成载片室—反应室—载片室的机械传送过程，传送过程中不通入工艺气体，且不运行淀积工艺；
- d) 将晶圆从载片室取出后，迅速送入颗粒测试仪进行第二次颗粒测试，测试结果记为后值 N_2 ；
- e) 计算机械颗粒数 N ： $N = N_2 - N_1$ ；
- f) 按照指定的时间间隔，连续进行 10 次测试，测试过程中可以通过维修或清洁等操作降低颗粒污染。

8.15.2 工艺气体颗粒控制

将8.15.1测试程序的第c)步调整为：传送过程中通入典型工艺所需的工艺气体，但不运行淀积工艺。其他步骤不变。得到CVD设备工艺气体颗粒控制的颗粒数。

8.15.3 成膜颗粒控制

将8.15.1测试程序的第c)步调整为：传送过程中通入工艺气体，且运行典型的薄膜淀积工艺。其他步骤不变，得到CVD设备成膜颗粒控制的颗粒数。

8.16 金属污染控制

CVD设备的金属污染控制按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入反应室，运行典型的薄膜淀积工艺；
- b) 将晶圆取出后，使用反射荧光 X 射线分析（TXRF）或电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）对晶圆上的污染分布和污染量进行测定，或使用气相分解方法（VPD）从晶圆上提取污染物后再使用 TXRF 或 ICP-MS 进行测定。

8.17 自清洁功能

部分CVD设备具备自清洁功能。对于具备自清洁功能的CVD设备，自清洁功能按照以下方法进行测试：

- a) 确认淀积工艺结束，设备腔体内无晶圆；
- b) 通入清洗气体，清洗气体同腔体内的薄膜反应，将薄膜分解，生成的气体被泵抽走；
- c) 根据设备条件，从下列方法中选择一种，对自清洁功能的效果进行测试：
 - 1) 对于在抽气管路上安装有监测器（通常为光谱仪类设备）的 CVD 设备，检测薄膜分解后的气体在腔体中的浓度，观察浓度曲线是否回到基线；
 - 2) 对于未在抽气管路上安装监测器的 CVD 设备，在自清洁结束后重新进行颗粒污染控制测试，确认颗粒数是否满足要求。

9 可靠性测试

9.1 开机率

根据GB/T 24468的规定，对CVD设备进行稳定运行时间（Uptime）、平均故障间隔时间（MTBF）、平均修复时间（MTTR）测试。

9.2 传片可靠性

CVD设备的传片可靠性按照以下方法进行测试：

- a) 在设备正常待机的状态下，将晶圆从载片室传送进入反应室；
- b) 不运行淀积工艺，将晶圆从反应室传送回载片室，传送过程中需完成所有机械传送动作，对于有多个反应室或载片室的设备，传送过程需包括传送路径的各种典型组合；
- c) 连续传送 10000 片以上的晶圆，观察晶圆在各个工位落位是否准确，偏移量是否超标，是否出现晶圆破碎、晶圆被划伤等传送异常情况。

9.3 平均破片率

CVD设备的平均破片率按照以下方法进行测试：

- a) 指定测试的时间段，通常以月度或者季度为时间段；
- b) 统计在测试时间段内的破片晶圆数量和总载入晶圆数量，两者的比值为该时间段内的破片率。

10 测试报告

测试报告应包括下述内容：

- a) 被测设备的制造商、设备型号、设备序列号或出厂编号；
- b) 测试条件，包括温度、湿度等；
- c) 测试仪器型号、精度和计量有效期；
- d) 测试方法及依据的标准；
- e) 测试项目、各项目的测试结果和合格判据；
- f) 测试单位；
- g) 测试地点；
- h) 测试人员；
- i) 测试日期；
- j) 测试报告编号。