

说明书

发明名称: 静电卡盘电源回路电流的检测装置及半导体工艺设备 技术领域

[0001] 本申请属于半导体技术领域，尤其涉及一种静电卡盘电源回路电流的检测装置及半导体工艺设备。

背景技术

[0002] 卡盘，即在半导体工艺设备实现对晶片处理的过程中，位于处理腔室内用于固定、支撑待处理晶片或者装载有晶片的托盘的支撑台。静电卡盘(Electrostatic Chuck, 简称ESC)，即利用静电吸附的原理将晶片或者托盘进行固定的卡盘。ESC的基体内嵌有卡盘电极，ESC电源为卡盘电极提供直流高压电，从而在卡盘及晶片之间产生静电力，将晶片或者托盘固定在卡盘上。

[0003] 为方便了解半导体工艺设备运行情况及保护设备、人员安全，需要精确的检测ESC电源回路电流，并设计必要的短路保护电路等。ESC电源具有输出高电压、微电流的特点，为电流检测带来一定的难度。

[0004] 相关技术中，ESC电源回路电流的检测方案如图1所示，在静电卡盘电源010的输出端串联一个采样电阻R，将流经采样电阻R的电流信号转换为电压信号，并利用运算放大器012对该电压信号进行放大，由于运算放大器012的输入端(IN₊、IN₋)的对地(GND)电压HV₊、HV₊-U(U一般小于10伏)均为直流高压(一般为一千到上万伏)，而运算放大器012的参考电位端接地(GND)，因此运算放大器012的输入端(IN₊、IN₋)与参考电位端之间存在一千到上万伏的电压差，为保证运算放大器012的耐压要求，运算放大器012需采用高压隔离的运算放大器，即运算放大器012的输入端和输出端是隔离的，并且隔离电压U_{iso}≥ESC电源输出至负载的电压HV₊Output。通过检测运算放大器012输出端的电压，并根据放大比例，可以计算出ESC电源回路电流的大小。但高压隔离的运算放大器成本较高，且隔离电压的数值有限，当静电卡盘电源的输出端的电压过大时，电流检测的准确性较差。

发明内容

- [0005] 本申请实施例的目的是提供一种静电卡盘电源回路电流的检测装置及半导体工艺设备，以解决相关技术中高压隔离的运算放大器成本较高，且隔离电压的数值有限，当静电卡盘电源的输出端的电压过大时，电流检测的准确性较差的问题。
- [0006] 为实现上述目的，本申请实施例采用下述技术方案：
- [0007] 第一方面，本申请实施例提供一种静电卡盘电源回路电流的检测装置，包括：采样电阻，所述采样电阻串联于所述静电卡盘电源的输出端；运算放大器，所述运算放大器的输入正端与所述采样电阻的输入端连接，所述运算放大器的输入负端与所述采样电阻的输出端连接，所述运算放大器的参考电位端用于输入第一参考电压，所述第一参考电压与所述静电卡盘电源的输出端的输出电压之间的绝对电压差小于所述运算放大器的耐受电压差，所述运算放大器的供电端用于输入第一供电电压，所述第一供电电压比所述第一参考电压高预设的第一电压值，所述运算放大器的输出端用于输出与所述回路电流成比例的电压信号。
- [0008] 第二方面，本申请实施例提供一种半导体工艺设备，包括：静电卡盘、静电卡盘电源和如本申请第一方面所述的静电卡盘电源回路电流的检测装置。
- [0009] 本申请实施例采用的上述至少一个技术方案能够达到以下有益效果：
- [0010] 本申请实施例中，运算放大器的参考电位端用于输入第一参考电压，第一参考电压与静电卡盘电源的输出端的输出电压之间的绝对电压差小于运算放大器的耐受电压差，运算放大器的供电端用于输入第一供电电压，第一供电电压比第一参考电压高预设的第一电压值。通过将运算放大器的参考电位端的第一参考电压设置为，与静电卡盘电源的输出端的输出电压之间的绝对电压差小于运算放大器的耐受电压差，使得运算放大器的输入端(输入正端、输入负端)和输出端的对地电压均为直流高压，但任意两者之间的电压差很低，因此运算放大器采用非高压隔离的普通运算放大器即可，避免了高压隔离的运算放大器成本较高，且隔离电压的数值有限，当静电卡盘电源的输出端的高压电压过大时，电流检测的准确性较差的问题，降低了成本，提高了电流检测的准确性。

附图说明

- [0011] 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解，构成本申请的一部分，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。在附图中：
- [0012] 图1为相关技术中的一种静电卡盘电源回路电流的检测装置的结构示意图；
- [0013] 图2为本申请的一个实施例提供的一种静电卡盘电气系统的示意图；
- [0014] 图3为本申请的一个实施例提供的一种静电卡盘电源回路电流的检测装置的结构示意图；
- [0015] 图4为本申请的另一个实施例提供的一种静电卡盘电源回路电流的检测装置的结构示意图；
- [0016] 图5为本申请的一个实施例提供的一种供电单元的结构示意图；
- [0017] 图6为本申请的另一个实施例提供的一种供电单元的结构示意图；
- [0018] 图7为本申请的一个实施例提供的一种半导体工艺设备的结构示意图。

具体实施方式

- [0019] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请具体实施例及相应的附图对本申请技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。
- [0020] 本申请中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不适用于描述特定的顺序或先后次序。应理解，这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便本申请实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，本申请中的“和/或”表示所连接的对象至少其中之一，字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。需要说明的是，本申请涉及的数据均在获得用户授权的前提下获取。
- [0021] 卡盘，即在半导体工艺设备实现对晶片处理的过程中，位于处理腔室内用于固定、支撑待处理晶片或者装载有晶片的托盘的支撑台。静电卡盘(Electrostatic Ch

uck, 简称ESC), 即利用静电吸附的原理将晶片或者托盘进行固定的卡盘。ESC的基体内嵌有卡盘电极, ESC电源为卡盘电极提供直流高压电, 从而在卡盘及晶片之间产生静电力, 将晶片或者托盘固定在卡盘上。

[0022] 图2为静电卡盘电气系统的示意图, 如图2所示, 静电卡盘23的基体内包括第一陶瓷层22和第二陶瓷层26, 第一陶瓷层22和第二陶瓷层26内分别埋设有第一电极21和第二电极25, 第一电极21和第二电极25为金属材质, 四面分别被第一陶瓷层22和第二陶瓷层26包裹, 静电卡盘电源010的两个高压输出端HV+Output、HV-Output通过第一滤波电路24和第二滤波电路27, 分别与第一电极21和第二电极25连接。

[0023] 静电卡盘电源010的两个高压输出端的电压值一般为一千到上万伏(V), 由于两个陶瓷层均为绝缘材料, 因此静电卡盘电源010的回路电流极小。例如, 在库伦型静电卡盘中, 两个陶瓷层均为高纯陶瓷材料, 一般要求两个电极与地之间的电阻大于1000吉欧($G\Omega$)或者要求静电卡盘电源010的回路电流 $I < 10$ 微安(μA)。在JR型静电卡盘中, 两个陶瓷层中掺杂有导电材料, 回路电流 I 稍大, 一般要求回路电流 $I < 200 \mu A$ 。

[0024] 为方便了解半导体工艺设备运行情况及保护设备、人员安全, 需要精确的检测ESC电源回路电流, 并设计必要的短路保护电路等。ESC电源具有输出高电压、微电流的特点, 为电流检测带来一定的难度。

[0025] 相关技术中, 采用高压隔离的运算放大器进行ESC电源回路电流的检测。但高压隔离的运算放大器成本较高, 且隔离电压的数值有限, 当静电卡盘电源的输出端的电压过大时, 电流检测的准确性较差。为此, 本申请提出了一种静电卡盘电源回路电流的检测装置及半导体工艺设备, 以解决相关技术中高压隔离的运算放大器成本较高, 且隔离电压的数值有限, 当静电卡盘电源的输出端的电压过大时, 电流检测的准确性较差的问题。

[0026] 以下结合附图, 详细说明本申请各实施例提供的技术方案。

[0027] 图3为本申请的一个实施例提供的一种静电卡盘电源回路电流的检测装置的结构示意图。如图3所示, 本申请实施例的静电卡盘电源回路电流的检测装置, 具体可包括: 采样电阻R和电压检测单元31。

- [0028] 其中，采样电阻R串联于静电卡盘电源10的输出端。
- [0029] 此处需要说明的是，静电卡盘电源10的输出端可以是静电卡盘电源10的输出正端，也可以是静电卡盘电源10的输出负端。静电卡盘电源10的输出正端的输出电压为HV₊，静电卡盘电源10的输出负端的输出电压为HV₋，输出至负载的电压分别记为HV₊Output、HV₋Output。为方便描述，后续以静电卡盘电源10的输出端为静电卡盘电源10的输出正端为例进行描述。
- [0030] 电压检测单元31用于对采样电阻R两端的采样电压U，进行放大等处理，生成检测电压，并通过电压检测单元31的输出端输出该检测电压。根据该检测电压可计算出采样电阻R两端的采样电压U，进而根据采样电压U和采样电阻R的阻值R，计算出流经采样电阻R的静电卡盘电源10的回路电流I， $I=U/R$ 。
- [0031] 其中，电压检测单元31具体可包括运算放大器12。
- [0032] 运算放大器12的输入正端IN₊与采样电阻R的输入端连接，运算放大器12的输入负端IN₋与采样电阻R的输出端连接，运算放大器12的输出端用于输出与回路电流成比例的电压信号。运算放大器12的输入电压 $U=R \cdot I$ ，运算放大器12对该电压U进行放大，运算放大器12的增益(放大倍数)可调，记为K₁₂。运算放大器12的输出端的电压 $U_{12}=K_{12} \cdot U=K_{12} \cdot R \cdot I$ ， $U_{12} \propto I$ ，通过运算放大器12和采样电阻R的电路转换，将采样电阻R的电流信号I转换为了电压信号U₁₂。
- [0033] 为克服图1中高压隔离运算放大器012的缺点，本申请实施例中的运算放大器12采用普通运算放大器，其输入端和输出端的隔离电压>预设的电压(例如12V)即可满足条件。
- [0034] 电场中，参考电压选择不同时，某一点的电压是不同的。在电子电路中通常以金属底板为参考电压，即电子电路中的地为参考电压，规定该参考电压为零，这样低于参考电压的是负电压，高于参考电压的是正电压。某点电压为正，说明该点电压比参考电压高；某点电压为负，说明该点电压比参考电压低。计算各点与参考电压之间的电压即为各点的电压。电路中某点的电压值是相对的，参考电压选取的不同，电路中各点的电压也将随之改变。而电路中两点之间的电压值是固定的，不会因参考电压的不同而变，即与参考电压的选取无关。参考电压的选取也可以是某个特定的电压值。

- [0035] 图1中的运算放大器012的供电电压 $VDD_+ = 12V$ ，图1中的运算放大器012的参考电位端接地(GND)，对应的参考电压 $VDD_- = 0V$ ，即运算放大器012的供电电压 VDD_+ 比参考电压 VDD_- 高12V。
- [0036] 与图1中的运算放大器012不同，本申请实施例中的运算放大器12的参考电位端用于输入第一参考电压 $VDD1_-$ ，第一参考电压 $VDD1_-$ 与静电卡盘电源10的输出端的输出电压 HV_+ 之间的绝对电压差 $\Delta VDD1$ 小于运算放大器12的耐受电压差 $U_{1_{max}}$ ，即 $VDD1_-$ 取值范围为 $(HV_+ - U_{1_{max}}, HV_+ + U_{1_{max}})$ ，例如可将运算放大器12的参考电位端与静电卡盘电源10的输出端(对应的电压记为 HV_+)连接，即运算放大器12的参考电位端的对地第一参考电压 $VDD1_- = HV_+$ 。对应的，运算放大器12的供电端用于输入第一供电电压 $VDD1_+$ ，第一供电电压 $VDD1_+$ 比第一参考电压 $VDD1_-$ 高预设的第一电压值 $\Delta v1$ ，即 $VDD1_+ = VDD1_- + \Delta v1$ 。第一电压值 $\Delta v1$ 的取值范围为 $3.3V \sim 36V$ ，例如可取值为12V，此时 $VDD1_+ = VDD1_- + 12V$ 。以第一参考电压 $VDD1_- - HV_+ = \Delta VDD1$ 为例，其中 $\Delta VDD1$ 小于运算放大器12的耐受电压差 $U_{1_{max}}$ ，如果 HV_+ 对地电压为正2000V，那么 $VDD1_-$ 对地电压为正2000V + $\Delta VDD1$ ，即运算放大器12的第一参考电压为正2000V + $\Delta VDD1$ (相对于地)， $VDD1_+$ 对地电压为正2012V + $\Delta VDD1$ 。运算放大器12的输入正端的电压 IN_+ 和第一参考电压 $VDD1_-$ 之间的电压差为 $HV_+ - VDD1_- = 2000 - 2000 - \Delta VDD1 = -\Delta VDD1$ ，运算放大器12的输入负端的电压 IN_- 和第一参考电压 $VDD1_-$ 之间的电压差为 $HV_+ - U - VDD1_- = 2000 - U - 2000 - \Delta VDD1 = -U - \Delta VDD1$ ， U 为采样电阻 R 两端的电压差(即采样电压)，一般情况下 $U < 10V$ ，也即运算放大器12的输入端和输出端之间的电压差 $< 10V + \Delta VDD1$ ，而 $\Delta VDD1 < \text{运算放大器12的耐受电压差 } U_{1_{max}}$ ，因此采用普通的非高压隔离的运算放大器即可，例如耐受电压差 $U_{1_{max}}$ 可选择为10V，此时 $VDD1_-$ 取值范围为(1990, 2010)V。在一些实施例中， $\Delta VDD1 = 0$ ，在此情况下，运算放大器12的参考电位端的对地第一参考电压 $VDD1_- = HV_+$ ，即第一参考电压 $VDD1_-$ 与 HV_+ 同电位，第一供电电压 $VDD1_+ = HV_+ + \Delta v1$ ，即第一供电电压 $VDD1_+$ 比 HV_+ 高 $\Delta v1$ ，运算放大器12的输入正端的电压 IN_+ 和第一参考电

压VDD1-之间的电压差为0，运算放大器12的输入负端的电压IN-和第一参考电压VDD1-之间的电压差为-U，可以采用普通的非高压隔离的运算放大器。

[0037] 进一步的，电压检测单元31还可以包括光电耦合器13。

[0038] 由于运算放大器12的输入端(IN+、IN-)的对地电压HV+、HV+-U均为直流高压，经放大后，运算放大器12的输出端的电压U₁₂也为直流高压，接收电压检测单元31输出的检测电压用于电流I计算的设备，一般为耐低压设备，因此需对运算放大器12的输出端的电压U₁₂进行高压隔离处理，以保证电流检测的精度。

[0039] 具体的，可在运算放大器12与电压检测单元31的输出端之间设置一个光电耦合器13，光电耦合器13的输入端与运算放大器12的输出端连接，光电耦合器13的输出端与电压检测单元31的输出端连接。

[0040] 光电耦合器13具体可以为线性光耦，例如ISO224系列。光电耦合器13包括发光器T1和受光器T2，发光器T1和受光器T2之间无电连接，通过光强传递信息，隔离电压可实现一万到几万伏。线性光电耦合器13的输出端电压U₁₃和输入端电压U₁₂成比例，且比例可调，记为K₁₃，光电耦合器13的输出端的电压U₁₃=K₁₃•U₁₂=K₁₃•K₁₂•U=K₁₃•K₁₂•R•I，U₁₃∝I，通过电路转换，将采样电阻R的电流信号I转换为了电压信号U₁₃。通过检测电压信号U₁₃，可计算得到回路电流I。

[0041] 发光器T1的输入正端与运算放大器12的输出端连接，发光器T1的输入负端和参考电位端分别用于输入第二参考电压VDD2-，第二参考电压VDD2-与静电卡盘电源10的输出端的输出电压HV+之间的绝对电压差ΔVDD2小于发光器T1的耐受电压差U_{2max}，即VDD2-取值范围为(HV+-U_{2max}，HV++U_{2max})，例如可将发光器T1的输入负端和参考电位端分别与静电卡盘电源10的输出端(对应的电压记为HV+)连接，即发光器T1的参考电位端的对地第二参考电压VDD2-=HV+。对应的，发光器T1的供电端用于输入第二供电电压VDD2+，第二供电电压VDD2+比第二参考电压VDD2-高预设的第二电压值Δv2，即VDD2+=VDD2-+Δv2。第二电压值Δv2的取值范围为3.3V~36V，例如可取值为12V，此时VDD2+=VDD2-+12V。类似地，在一些实施例中，ΔVDD2=0。

- [0042] 受光器T2的参考电位端接地(GND)，受光器T2的供电端用于输入第三供电电压，第三供电电压为预设的第三电压值(例如12V)。受光器T2的输出端与电压检测单元31的输出端连接。
- [0043] 进一步的，电压检测单元31还可以包括电压跟随器14，光电耦合器13通过电压跟随器14与电压检测单元31的输出端连接。电压跟随器14的基本原理是利用负反馈来实现输出电压与输入电压之间的匹配，电压跟随器14包括放大器和反馈电路，反馈电路将放大器的输出信号与输入信号进行比较，并将其差异反馈到放大器的输入端，以保持输出电压的稳定性。
- [0044] 具体的，电压跟随器14的输入正端IN₊分别与光电耦合器13的输出正端和电压跟随器14的输出端连接，电压跟随器14的输入负端IN₋与光电耦合器13的输出负端连接，电压跟随器14的输出端即为电压检测单元31的输出端。
- [0045] 电压跟随器14的参考电位端接地(GND)，电压跟随器14的供电端用于输入第四供电电压，第四供电电压为预设的第四电压值(例如12V)。由于电压跟随器14的输入端、输出端和供电端的电压均为对地12V(第三电压值、第四电压值为12V时)以内的电压，因此电压跟随器14可采用普通的非高压隔离的运算放大器即可。电压跟随器14的输出端的电压 $U_{14}=U_{13}=K_{13} \cdot U_{12}=K_{13} \cdot K_{12} \cdot U=K_{13} \cdot K_{12} \cdot R \cdot I$ ， $U_{14} \propto I$ ，通过电路转换，将采样电阻R的电流信号I转换为了电压信号 U_{14} 。通过检测电压信号 U_{14} ，可计算得到回路电流I。
- [0046] 如图4所示，考虑到回路电流I极为微弱，为提高采样精度，可在图3的基础上，在运算放大器12的输入端之前设置隧道磁电阻(Tunneling Magneto Resistive，简称TMR)传感器11。TMR传感器11内置集成线圈，抗外磁干扰设计，精度极高，例如TMR-MAC005传感器，具有150纳安(nA)的分辨率，满足了ESC电源10的微电流采样要求。
- [0047] TMR传感器11的输入正端IN₊与采样电阻R的输入端连接，TMR传感器11的输入负端IN₋与采样电阻R的输出端连接，TMR传感器11的输出正端Out₊与运算放大器12的输入正端IN₊连接，TMR传感器11的输出负端Out₋与运算放大器12的输入负端IN₋连接。TMR传感器11为线性传感器，TMR传感器11的输出端电压 U_{11} 和输入端电压U成比例，且比例可调，记为 K_{11} ，TMR传感器11的输出端电压 U_{11}

$=K_{11} \star U$ 。对应的，电压跟随器14的输出端的电压 $U_{14}=U_{13}=K_{13} \star U_{12}=K_{13} \star K_{12} \star U_{11}=K_{13} \star K_{12} \star K_{11} \star R \star I$ ， $U_{14} \propto I$ ，通过电路转换，将采样电阻R的电流信号I转换为电压信号 U_{14} 。通过检测电压信号 U_{14} ，可计算得到回路电流I。

[0048] 与运算放大器12类似，为克服图1中高压隔离运算放大器012的缺点，本申请实施例中的TMR传感器11采用普通线性传感器，输入端和输出端的隔离电压>预设的电压(例如12V)即可满足条件。

[0049] 具体的，TMR传感器11的参考电位端用于输入第五参考电压VDD5₋，第五参考电压VDD5₋与静电卡盘电源10的输出端的输出电压HV₊之间的绝对电压差 ΔV_{DD5} 小于TMR传感器11的耐受电压差 $U_{5_{max}}$ ，即VDD5₋取值范围为 $(HV_+ - U_{5_{max}}, HV_+ + U_{5_{max}})$ ，例如可将TMR传感器11的参考电位端与静电卡盘电源10的输出端(对应的电压记为HV₊)连接，即TMR传感器11的参考电位端的对地第五参考电压VDD5₋=HV₊，TMR传感器11的供电端用于输入第五供电电压VDD5₊，第五供电电压VDD5₊比第五参考电压VDD5₋高预设的第五电压值 Δv_5 ，即VDD5₊=VDD5₋+ Δv_5 。第五电压值 Δv_5 的取值范围为3.3V~36V，例如可取值为12V，此时VDD5₊=VDD5₋+12V。类似地，在一些实施例中， $\Delta V_{DD5}=0$ 。

[0050] 如果HV₊对地电压为正2000V，那么VDD5₋对地电压为正2000V+ ΔV_{DD5} ，即TMR传感器11的第五参考电压为正2000V+ ΔV_{DD5} (相对于地)，VDD5₊对地电压为正2012V+ ΔV_{DD5} 。TMR传感器11的输入正端的电压IN₊和第五参考电压VDD5₋之间的电压差为 $HV_+ - VDD5_- = 2000 - 2000 - \Delta V_{DD5} = -\Delta V_{DD5}$ ，TMR传感器11的输入负端的电压IN₋和第五参考电压VDD5₋之间的电压差为 $HV_+ - U - VDD5_- = 2000 - U - 2000 - \Delta V_{DD5} = -U - \Delta V_{DD5}$ ，U为采样电阻R两端的电压差(即采样电压)，一般情况下 $U < 10V$ ，也即TMR传感器11的输入端和输出端之间的电压差 $< 10V + \Delta V_{DD5}$ ，而 $\Delta V_{DD5} < \text{运算放大器的耐受电压差 } U_{1_{max}}$ ，因此采用普通的非高压隔离的线性传感器即可，例如耐受电压差 $U_{5_{max}}$ 可选择为12V，此时VDD5₋取值范围为(1988, 2012)V。

[0051] 对应的，运算放大器12的输入端IN₊、IN₋为TMR传感器11的输出端Out₊和Out₋，假设第一参考电压VDD1₋和第五参考电压VDD5₋均为HV₊，Out₊和Out₋相对

参考电压的电压值记为 V_{Out+} 和 V_{Out-} ，运算放大器12的输入正端 IN_+ 的电压和其参考电压 VDD_- 之间的电压差为 $V_{Out+}+HV_+-VDD_-=V_{Out+}$ ，运算放大器12的输入负端 IN_- 的电压和其参考电压 VDD_- 之间的电压差为 $V_{Out-}+HV_+-VDD_-=V_{Out-}$ ， V_{Out+} 和 V_{Out-} 均小于12V(TMR传感器11对地供电电压为12V时，根据轨至轨规则，输出对地电压 $\leq 12V$)，也即运算放大器12的输入端和输出端之间的电压差 $\leq 12V$ ，虽然运算放大器12的输入端(IN_+ 、 IN_-)、输出端的对地电压均为直流高压，但是任意两者之间的电压差很低，因此采用普通的非高压隔离的运算放大器即可。

- [0052] 在一些实施例中，运算放大器12所需的第一供电电压 $VDD1_+$ 、光电耦合器13中发光器T1所需的第二供电电压 $VDD2_+$ 和TMR传感器11所需的第五供电电压 $VDD5_+$ 均相等，并且运算放大器12、光电耦合器13中发光器T1和TMR传感器11的参考电压均相等。
- [0053] 进一步的，本申请实施例的静电卡盘电源回路电流的检测装置还可以包括供电单元，用于输出电压检测单元31中的各器件所需的高压供电电压，例如向运算放大器12输出运算放大器12所需的第一供电电压 $VDD1_+$ 、向光电耦合器13输出光电耦合器13中发光器T1所需的第二供电电压 $VDD2_+$ 和向TMR传感器11输出TMR传感器11所需的第五供电电压 $VDD5_+$ 。在第一供电电压 $VDD1_+$ 、第二供电电压 $VDD2_+$ 和第五供电电压 $VDD5_+$ 均相等的情况下，供电单元用于向运算放大器12、光电耦合器13的发光器T1和TMR传感器11输出同一供电电压。
- [0054] 如图5所示，供电单元为一个直流转直流(DC/DC)电路。供电单元具体可包括电压转换模块T5。电压转换模块T5的第一输入端用于输入第六供电电压，第六供电电压为预设的第六电压值，例如24V。电压转换模块T5的第二输入端通过斩波模块IC2接地(GND)，电压转换模块T5的第一输出端(SGND)与静电卡盘电源的输出端连接，也即与图3、图4中的运算放大器12、光电耦合器13和TMR传感器11的参考电位端连接，对应的电压表示为SGND，电压转换模块T5的第二输出端用于输出目标供电电压(即第一供电电压、第二供电电压或第五供电电压)，图5中以目标供电电压相对于SGND的电压为12V，也即相对于地(GND)的电压为(SGND+12)V为例示出，也即电压转换模块T5的第二输出端与图3、图4中的运算放大器12、光电耦合器13和TMR传感器11的供电端连接。

- [0055] 其中，电压转换模块T5具体可为变压器。图5中，变压器原边侧供电电压为24V，参考电压为地(GND)，变压器副边侧输出电压为12V，参考电压为SGND=HV₊，此时12V(对SGND)对地电压为(HV₊+12)V。如果HV₊对地电压为正2000V，即SGND对地电压为正2000V，12V(对SGND)对地电压为正2012V，SGND和变压器原边地(GND)存在电压差2000V。这就要求变压器原副边隔离电压U_{iso}>HV₊=2000V，一般可通过绕线绝缘、整体灌胶以及增大原副边间距等手段实现。
- [0056] 供电单元可以通过调节斩波模块IC2的输出脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation，简称PWM)占空比，维持供电单元输出电压的稳定。
- [0057] 斩波模块IC2的电源输入引脚VIN(对应13引脚)与电压转换模块T5的第一输入端连接，斩波模块IC2的软启动引脚SS(对应14引脚)接地，斩波模块IC2的切换引脚SW(对应9-11引脚)与电压转换模块T5的第二输入端连接，斩波模块IC2用于周期性接通或断开切换引脚SW与电压转换模块T5的第二输入端之间的连接。
- [0058] 供电单元还可以包括输入电路，斩波模块IC2的电源输入引脚VIN通过输入电路与电压转换模块T5的第一输入端连接。输入电路包括第二电阻R2和第十电容C10，第二电阻R2的第一端与电压转换模块T5的第一输入端连接，第二电阻R2的第二端与斩波模块IC2的电源输入引脚VIN连接，第十电容C10的第一端与斩波模块IC2的电源输入引脚VIN连接，第十电容C10的第二端接地(GND)。
- [0059] 供电单元还可以包括输入反馈电路，输入反馈电路包括第五电阻R5和第六电阻R6。第五电阻R5的第一端与电压转换模块T5的第一输入端连接，第五电阻R5的第二端与第六电阻R6的第一端连接，第六电阻R6的第二端与斩波模块IC2的补偿引脚COMP(对应1引脚)连接。
- [0060] 供电单元还可以包括稳压滤波电路，稳压滤波电路包括第十四电容C14和第二稳压二极管Z2。第十四电容C14的第一端与第五电阻R5的第二端连接，第十四电容C14的第二端接地(GND)。第二稳压二极管Z2的第一端与第五电阻R5的第二端连接，第十四电容C14的第二端接地(GND)。
- [0061] 供电单元还可以包括供电电路，供电电路为斩波模块IC2提供工作电压，供电电路包括第四电阻R4和第九电阻R9。第四电阻R4的第一端与电压转换模块T5的第一输入端连接，第四电阻R4的第二端与斩波模块IC2的引脚SHDN(对应3引

脚)连接,第九电阻R9的第一端与第四电阻R4的第二端连接,第九电阻R9的第二端接地(GND)。

- [0062] 供电单元还可以包括尖峰吸收电路,尖峰吸收电路包括第一稳压二极管Z1和第二二极管D2,第一稳压二极管Z1和第二二极管D2串联于电压转换模块T5的第一输入端和第二输入端之间。
- [0063] 供电单元还可以包括缓启动电路,缓启动电路包括第十五电容C15和第十六电容C16。第十五电容C15的第一端与斩波模块IC2的软启动引脚SS连接,第十五电容C15的第二端接地(GND)。第十六电容C16的第一端与斩波模块IC2的旁路控制引脚BYP(对应12引脚)连接,第十六电容C16的第二端接地(GND)。
- [0064] 供电单元还可以包括隔离电容C12,用于隔离电压转换模块T5输入端的地GND和输出端的地SGND。隔离电容C12的第一端与斩波模块IC2的补偿引脚COMP(对应1引脚)连接,隔离电容C12的第二端接地(GND)。
- [0065] 供电单元还可以包括RCD吸收电路。RCD吸收电路包括第一二极管D1、第一电容C1和第三电阻R3。第一二极管D1的第一端与电压转换模块T5的第二输出端连接,第一二极管D1的第二端用于输出目标供电电压。第一电容C1的第一端与电压转换模块T5的第二输出端连接,第一电容C1的第二端与第三电阻R3的第一端连接,第三电阻R3的第二端与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接。
- [0066] 供电单元还可以包括第三滤波电容C3,第三滤波电容C3的第一端与第一二极管D1的第二端连接,第三滤波电容C3的第二端与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接。
- [0067] 供电单元还可以包括第六滤波电容C6,第六滤波电容C6的第一端与第一二极管D1的第二端连接,第六滤波电容C6的第二端与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接。
- [0068] 供电单元还可以包括第九滤波电容C9,第九滤波电容C9的第一端与第一二极管D1的第二端连接,第九滤波电容C9的第二端与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接,第三电阻R3的第二端通过第九滤波电容C9与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接。

- [0069] 供电单元还可以包括第二光电耦合器IC1，第二光电耦合器IC1的输入正端通过第十一电容C11与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接，第二光电耦合器IC1的输入负端通过输出反馈电路与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接，第二光电耦合器IC1的输出正端与隔离电容C12的第一端连接，第二光电耦合器IC1的输出负端接地(GND)。
- [0070] 输出反馈电路包括第八电阻R8、第十三电容C13、第七电阻R7、第十电阻R10和基准电压源IC3。第八电阻R8的第一端与第二光电耦合器IC1的输入负端连接，第八电阻R8的第二端通过基准电压源IC3与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接，第十三电容C13的第一端与第八电阻R8的第二端连接，第十三电容C13的第二端通过第十电阻R10与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接，第七电阻R7的第一端与第一二极管D1的第二端连接，第七电阻R7的第二端通过第十电阻R10与电压转换模块T5的第一输出端(SGND)连接。
- [0071] 进一步的，如图6所示，在图5所示实施例的基础上，供电单元还可以包括设置在电压转换模块T5输入端的第二滤波电容C2、第七滤波电容C7和第八滤波电容C8，选择不同容值和介电材料的电容组合可对不同频率的干扰信号进行滤波，可增加输入端抗干扰能力。第二滤波电容C2、第七滤波电容C7和第八滤波电容C8的第一端均与电压转换模块T5的第一输入端连接，第二滤波电容C2、第七滤波电容C7和第八滤波电容C8的第二端均接地(GND)。
- [0072] 供电单元还可以包括设置在电压转换模块T5输出端的第四滤波电容C4和第五滤波电容C5，选择不同容值和介电材料的电容组合可对不同频率的干扰信号进行滤波，可增加输出端抗干扰能力，保证输出电压的稳定性，降低纹波。第四滤波电容C4和第五滤波电容C5分别与第六滤波电容C6并联。
- [0073] 供电单元还可以包括与第六滤波电容C6并联的假负载电阻R93，保证输出电压的稳定性。
- [0074] 供电单元还可以包括输出指示电路，输出指示电路包括串联的指示灯LED1和第一电阻R1，起到输出指示作用。输出指示电路与第六滤波电容C6并联。
- [0075] 综上，本申请实施例的静电卡盘电源回路电流的检测装置中，运算放大器的参考电位端与静电卡盘电源的输出端连接，运算放大器的供电端用于输入第一供

电电压，第一供电电压比静电卡盘电源的输出端的输出电压高预设的第一电压值。通过将运算放大器的参考电位端的参考电压设置为静电卡盘电源的输出端的输出电压，使得运算放大器的输入端(输入正端、输入负端)和输出端的对地电压均为直流高压，但任意两者之间的电压差很低，因此运算放大器采用非高压隔离的普通运算放大器即可，避免了高压隔离的运算放大器成本较高，且隔离电压的数值有限，当静电卡盘电源的输出端的高压电压过大时，电流检测的准确性较差的问题，降低了成本，提高了电流检测的准确性。通过光电耦合器13实现高压隔离，实现了低成本的高压隔离，保证了电流检测的精度。通过电压跟随器保证了输出的检测电压的稳定性，进而提高了电流检测的准确性。通过TMR传感器，提高了电流采样的精度，且提高了TMR传感器的参考电压，使得采用非高压隔离的TMR传感器即可，避免了高压隔离成本较高的问题。通过供电单元为电压检测单元中的各器件提供了所需的高压供电电压。

- [0076] 本申请实施例还提供了一种半导体工艺设备。如图7所示，本申请实施例的半导体工艺设备70包括：静电卡盘23、静电卡盘电源10和上述实施例的静电卡盘电源回路电流的检测装置71。
- [0077] 上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元，具体可以由计算机芯片或实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机。具体的，计算机例如可以为个人计算机、膝上型计算机、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件设备、游戏控制台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任何设备的组合。
- [0078] 为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种单元分别描述。当然，在实施本申请时可以把各单元的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。
- [0079] 本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

- [0080] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。
- [0081] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。
- [0082] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。
- [0083] 在一个典型的配置中，计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。
- [0084] 内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式，如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。
- [0085] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括，但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带，磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质，可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文

中的界定，计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media)，如调制的数据信号和载波。

- [0086] 还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。
- [0087] 本申请可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述，例如程序模块。一般地，程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本申请，在这些分布式计算环境中，由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中，程序模块可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。
- [0088] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于系统实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。
- [0089] 以上仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的权利要求范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种静电卡盘电源回路电流的检测装置，其特征在于，包括：
采样电阻，所述采样电阻串联于所述静电卡盘电源的输出端；
运算放大器，所述运算放大器的输入正端与所述采样电阻的输入端连接，所述运算放大器的输入负端与所述采样电阻的输出端连接，所述运算放大器的参考电位端用于输入第一参考电压，所述第一参考电压与所述静电卡盘电源的输出端的输出电压之间的绝对电压差小于所述运算放大器的耐受电压差，所述运算放大器的供电端用于输入第一供电电压，所述第一供电电压比所述第一参考电压高预设的第一电压值，所述运算放大器的输出端用于输出与所述回路电流成比例的电压信号。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的装置，其特征在于，还包括：光电耦合器，所述光电耦合器包括发光器和受光器；
所述发光器的输入正端与所述运算放大器的输出端连接，所述发光器的输入负端和参考电位端分别用于输入第二参考电压，所述第二参考电压与所述静电卡盘电源的输出端的输出电压之间的绝对电压差小于所述发光器的耐受电压差，所述发光器的供电端用于输入第二供电电压，所述第二供电电压比所述第二参考电压高预设的第二电压值；
所述受光器的参考电位端接地，所述受光器的供电端用于输入第三供电电压，所述第三供电电压为预设的第三电压值。
- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的装置，其特征在于，还包括：
电压跟随器，所述电压跟随器的输入正端分别与所述光电耦合器的输出正端和所述电压跟随器的输出端连接，所述电压跟随器的输入负端与所述光电耦合器的输出负端连接。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的装置，其特征在于，所述电压跟随器的参考电位端接地，所述电压跟随器的供电端用于输入第四供电电压，所述第四供电电压为预设的第四电压值。

- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的装置，其特征在于，还包括：
隧道磁电阻传感器，所述运算放大器通过所述隧道磁电阻传感器与所述采样电阻的两端连接；
所述隧道磁电阻传感器的输入正端与所述采样电阻的输入端连接，所述隧道磁电阻传感器的输入负端与所述采样电阻的输出端连接，所述隧道磁电阻传感器的输出正端与所述运算放大器的输入正端连接，所述隧道磁电阻传感器的输出负端与所述运算放大器的输入负端连接，所述隧道磁电阻传感器的参考电位端用于输入第五参考电压，所述第五参考电压与所述静电卡盘电源的输出端的输出电压之间的绝对电压差小于所述隧道磁电阻传感器的耐受电压差，所述隧道磁电阻传感器的供电端用于输入第五供电电压，所述第五供电电压比所述第五参考电压高预设的第五电压值。
- [权利要求 6] 根据权利要求1-5中任一项所述的装置，其特征在于，还包括：
供电单元，用于向所述运算放大器输出所述第一供电电压。
- [权利要求 7] 根据权利要求6所述的装置，其特征在于，所述供电单元包括：
电压转换模块，所述电压转换模块的第一输入端用于输入第六供电电压，所述第六供电电压为预设的第六电压值，所述电压转换模块的第二输入端通过斩波模块接地，所述电压转换模块的第一输出端与所述静电卡盘电源的输出端连接，所述电压转换模块的第二输出端用于输出所述第一供电电压；
所述斩波模块的电源输入引脚与所述电压转换模块的第一输入端连接，所述斩波模块的软启动引脚接地，所述斩波模块的切换引脚与所述电压转换模块的第二输入端连接，所述斩波模块用于周期性接通或断开切换引脚与所述电压转换模块的第二输入端之间的连接。
- [权利要求 8] 根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：
输入电路，所述斩波模块的电源输入引脚通过所述输入电路与所述电压转换模块的第一输入端连接；
所述输入电路包括：

第二电阻，所述第二电阻的第一端与所述电压转换模块的第一输入端连接，所述第二电阻的第二端与所述斩波模块的电源输入引脚连接；

第十电容，所述第十电容的第一端与所述斩波模块的电源输入引脚连接，所述第十电容的第二端接地。

[权利要求 9]

根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：
输入反馈电路和稳压滤波电路；

所述输入反馈电路包括：第五电阻和第六电阻；所述第五电阻的第一端与所述电压转换模块的第一输入端连接，所述第五电阻的第二端与所述第六电阻的第一端连接，所述第六电阻的第二端与所述斩波模块的补偿引脚连接；

所述稳压滤波电路包括：第十四电容和第二稳压二极管；所述第十四电容的第一端与所述第五电阻的第二端连接，所述第十四电容的第二端接地；所述第二稳压二极管的第一端与所述第五电阻的第二端连接，所述第十四电容的第二端接地。

[权利要求 10]

根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：
尖峰吸收电路和缓启动电路；

所述尖峰吸收电路包括：第一稳压二极管和第二二极管；所述第一稳压二极管和所述第二二极管串联于所述电压转换模块的第一输入端和第二输入端之间；

所述缓启动电路包括：第十五电容和第十六电容；所述第十五电容的第一端与所述斩波模块的软启动引脚连接，所述第十五电容的第二端接地；所述第十六电容的第一端与所述斩波模块的旁路控制引脚连接，所述第十六电容的第二端接地。

[权利要求 11]

根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：
RCD吸收电路，所述RCD吸收电路包括第一二极管、第一电容和第三电阻；所述第一二极管的第一端与所述电压转换模块的第二输出端连接，第一二极管的第二端用于输出所述第一供电电压；所述

第一电容的第一端与所述电压转换模块的第二输出端连接，所述第一电容的第二端与所述第三电阻的第一端连接，所述第三电阻的第二端与所述电压转换模块的第一输出端连接；

第三滤波电容，所述第三滤波电容的第一端与所述第一二极管的第二端连接，所述第三滤波电容的第二端与所述电压转换模块的第一输出端连接；

第六滤波电容，所述第六滤波电容的第一端与所述第一二极管的第二端连接，所述第六滤波电容的第二端与所述电压转换模块的第一输出端连接；

第九滤波电容，所述第九滤波电容的第一端与所述第一二极管的第二端连接，所述第九滤波电容的第二端与所述电压转换模块的第一输出端连接，所述第三电阻的第二端通过所述第九滤波电容与所述电压转换模块的第一输出端连接。

[权利要求 12]

根据权利要求11所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：隔离电容，所述隔离电容的第一端与所述斩波模块的补偿引脚连接，所述隔离电容的第二端接地；

第二光电耦合器，所述第二光电耦合器的输入正端通过第十一电容与所述电压转换模块的第一输出端连接，所述第二光电耦合器的输入负端通过输出反馈电路与所述电压转换模块的第一输出端连接，所述第二光电耦合器的输出正端与所述隔离电容的第一端连接，所述第二光电耦合器的输出负端接地；

所述输出反馈电路包括第八电阻、第十三电容、第七电阻、第十电阻和基准电压源；所述第八电阻的第一端与所述第二光电耦合器的输入负端连接，所述第八电阻的第二端通过所述基准电压源与所述电压转换模块的第一输出端连接，所述第十三电容的第一端与所述第八电阻的第二端连接，所述第十三电容的第二端通过第十电阻与所述电压转换模块的第一输出端连接，所述第七电阻的第一端与所

述第一二极管的第二端连接，所述第七电阻的第二端通过所述第十电阻与所述电压转换模块的第一输出端连接。

[权利要求 13] 根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：设置在所述电压转换模块输入端的第二滤波电容、第七滤波电容和第八滤波电容；

所述第二滤波电容、所述第七滤波电容和所述第八滤波电容的第一端均与所述电压转换模块的第一输入端连接，所述第二滤波电容、所述第七滤波电容和所述第八滤波电容的第二端均接地。

[权利要求 14] 根据权利要求11所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：设置在所述电压转换模块输出端的第四滤波电容、第五滤波电容和假负载电阻；

所述第四滤波电容、所述第五滤波电容和所述假负载电阻分别与所述第六滤波电容并联。

[权利要求 15] 根据权利要求11所述的装置，其特征在于，所述供电单元还包括：输出指示电路；

所述输出指示电路包括串联的指示灯和第一电阻，所述输出指示电路与所述第六滤波电容并联。

[权利要求 16] 一种半导体工艺设备，其特征在于，包括：静电卡盘、静电卡盘电源和如权利要求1-15任一项所述的静电卡盘电源回路电流的检测装置。