



1. 一种电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,包括:电源、信号源、电路夹具、信号监测与数据采集设备、控制端;所述电路夹具与被测电迁移预警电路、电源、信号源、信号监测与数据采集设备分别相连接,所述信号监测与数据采集设备还与所述控制端相连接;

所述电源用于通过所述电路夹具给被测电迁移预警电路提供电源电压信号;

所述信号源用于通过所述电路夹具给所述被测电迁移预警电路提供方波信号;

所述电路夹具用于实现所述信号监测与数据采集设备、电源、信号源与所述被测电迁移预警电路之间的数据传输;

所述控制端用于根据用户的输入向所述信号监测与数据采集设备发送控制指令,并将所述信号监测与数据采集设备发回的数据进行存储;

所述信号监测与数据采集设备用于根据所述控制指令,对被测电迁移预警电路进行实时监测,并自动将监测到的数据传输给所述控制端。

2. 根据权利要求1所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述电路夹具包括:电路管脚插槽、信号传输电路板、信号传输导线、信号转接电路板;所述电路管脚插槽与所述被测电迁移预警电路形成可拔插的电气互连,所述电路管脚插槽还与信号传输电路板通过焊接形成固定电气连接,所述信号传输导线的一端与信号传输电路板通过焊接形成固定电气连接,所述信号传输导线的另一端与信号转接电路板形成可拔插的电气互连。

3. 根据权利要求1所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述信号监测与数据采集设备、控制端之间通过各自的 GPIB 接口相连接。

4. 根据权利要求1所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述电路管脚插槽、信号传输电路板、信号传输导线均采用耐 250℃ 高温的材料。

5. 根据权利要求1-4 任意一项所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述控制端包括:人机交互界面、存储器;

所述人机交互界面用于根据用户的输入向所述信号监测与数据采集设备发送控制指令;

所述存储器用于将所述信号监测与数据采集设备发回的数据进行存储。

6. 根据权利要求5所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于:

所述控制端还包括显示屏,用于显示开始测试时间、上次测试时间、当前测试时间、总测试次数以及数据保存位置;

和/或

所述存储器中的数据以文本格式进行存储。

7. 根据权利要求1-4 任意一项所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述被测电迁移预警电路包括如下输入、输出及控制信号管脚:输入电源电压管脚、输入接地管脚、输入时钟控制信号管脚、输入偏置电压管脚以及输出信号管脚。

8. 根据权利要求1-4 任意一项所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述信号监测与数据采集设备采用示波器 Tektronix TDS3052B。

9. 根据权利要求1-4 任意一项所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在于,所述信号源采用函数信号发生器 HP3324A。

10. 根据权利要求 1-4 任意一项所述的电迁移预警电路实时在线监测系统,其特征在  
于,所述电源采用双路稳压电源 Agilent E3647A。

## 电迁移预警电路实时在线监测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电子故障预测和健康管理技术,特别是涉及一种电迁移预警电路实时在线监测系统。

### 背景技术

[0002] 随着 MOS (Metal Oxide Semiconductor, 金属氧化物半导体) 器件的集成电路在各行各业中的广泛应用,其在生产和使用过程中电学特性退化引起的可靠性问题也变得越来越突出。而且随着现代电子技术的飞速发展,电子元器件及器件组的尺寸已进入纳米量级,其金属互连在整个集成电路芯片中所占的面积越来越大。现今,金属互连的电迁移失效问题已成为制约大规模集成电路技术发展的瓶颈,同时也成为当前 MOS 器件可靠性研究的热点。

[0003] 电迁移现象是引起集成电路失效的一种重要原因,由其引起的集成电路可靠性问题也就成为研究热点。研究发现,影响互连引线电迁移的因素十分复杂,包括工作电流聚集、焦耳热、温度梯度、晶粒结构、晶粒取向、界面组织、应力梯度、合金成分、互连尺寸及形状等。电迁移现象是由于在电流分布密度作用下金属中的离子位移所致,是金属互连中的金属原子受到运动的电子作用引起的物质输运现象,它首先表现为电阻值的线性增加,到一定程度后就会引起金属膜局部亏损而出现空洞,或引起金属膜局部堆积而出现小丘或晶须,最终导致突变失效,严重影响集成电路的寿命。尤其,随着芯片集成度的提高,互连引线变得更细、更窄、更薄,因此其中的电流密度越来越大。在较高的电流密度作用下,互连引线中的金属原子将会沿着电子运动方向更容易发生电迁移现象。因此,对电迁移现象的研究越来越得到重视。

[0004] EPHM (Electronic Prognostics and Health Management, 电子故障预测和健康管理) 技术是一种新兴的以失效物理为基础,用于预测和评估电子产品(或系统)在实际环境中的可靠性的技术。与传统的故障诊断技术相比,它可以对电子系统的故障尽早监测和识别,并具备对电子系统的健康进行管理、状态进行预测的能力。根据电路中的具体失效机理设计的预警电路可以在芯片失效之前及时地发出预警信号。可集成的电迁移预警电路属于 EPHM 技术的一个重要分支,它利用片内的可靠性监视器,能够在器件退化到指定界限时发出报警信号,从而降低了对可靠性建模的依赖,避免系统的致命故障。

[0005] 显然,电迁移预警电路在正式推入商业化应用之前,测试实验验证是一个必不可少的环节。传统电迁移预警电路采用手工测试方法,每次都需人工读取仪器测试数据,并同时记录测试结果,直到试验结束为止。这种方法能满足连续测试时间短、测试次数少的测试要求。然而,集成电路中金属发生电迁移导致失效的时间比较长,而且在电迁移预警电路测试中,须一直不间断地监测其预警信号,从而连续不间断测试时间将非常长,同时所需采集的数据量也将非常大。显然,传统的电迁移预警电路手工测试方法无法满足电迁移预警电路测试时间长、所采集与保存数据量大的这一要求。因此,亟待发展一种更佳的电迁移预警电路实时在线监测技术。

## 发明内容

[0006] 基于此,有必要针对上述传统电迁移预警电路手工测试方法测试时间短、所采集与保存数据量少的问题,提供一种电迁移预警电路实时在线监测系统。

[0007] 一种电迁移预警电路实时在线监测系统,包括:电源、信号源、电路夹具、信号监测与数据采集设备、控制端;所述电路夹具与被测电迁移预警电路、电源、信号源、信号监测与数据采集设备分别相连接,所述信号监测与数据采集设备还与所述控制端相连接;

[0008] 所述电源用于通过所述电路夹具给被测电迁移预警电路提供电源电压信号;

[0009] 所述信号源用于通过所述电路夹具给所述被测电迁移预警电路提供方波信号;

[0010] 所述电路夹具用于实现所述信号监测与数据采集设备、电源、信号源与所述被测电迁移预警电路之间的数据传输;

[0011] 所述控制端用于根据用户的输入向所述信号监测与数据采集设备发送控制指令,并将所述信号监测与数据采集设备发回的数据进行存储;

[0012] 所述信号监测与数据采集设备用于根据所述控制指令,对被测电迁移预警电路进行实时监测,并自动将监测到的数据传输给所述控制端。

[0013] 由以上方案可以看出,本发明的电迁移预警电路实时在线监测系统,实现了信号监测与数据采集设备与控制端之间的互连与通讯,通过控制端向信号监测与数据采集设备发出控制指令,把信号监测与数据采集设备上对电迁移预警电路实时监测的数据进行采集,并将所采集的数据传回控制端进行保存,从而实现了实时在线监测电迁移预警电路的预警信号并自动进行数据采集和保存的功能,满足了电迁移预警电路测试时间长、所采集与保存数据量大的要求。而且本发明的电迁移预警电路实时在线监测系统简单易行,方便高效,便于推广应用,具有较好的市场应用前景。

## 附图说明

[0014] 图1为本发明的一种电迁移预警电路实时在线监测系统的结构示意图;

[0015] 图2为实施例中电迁移预警电路管脚的结构示意图;

[0016] 图3为实施例中电迁移预警电路报警前的输入与输出关系曲线;

[0017] 图4为实施例中电迁移预警电路报警后的输入与输出关系曲线。

[0018] 其中,100为信号监测与数据采集设备;101为信号源;102为电源;103为导线;104为双路探头;105为数据传输线;106为控制端;107为人机交互界面;108为电路夹具;109为信号转接电路板;110为信号传输导线;111为信号传输电路板;112为电路管脚插槽;113为电迁移预警电路;114为存储器;115为双路导线;116为显示屏;200为输入电源电压管脚;201为输入接地管脚;202为输入时钟控制信号管脚;203为输入偏置电压管脚;204为输出信号管脚。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图以及具体的实施例,对本发明的技术方案作进一步的描述。

[0020] 参见图1所示,一种电迁移预警电路实时在线监测系统,包括:信号监测与数据采集设备100、信号源101、电源102、控制端106、电路夹具108;所述电路夹具与被测电迁

移预警电路、电源、信号源、信号监测与数据采集设备分别相连接,所述信号监测与数据采集设备还与所述控制端相连接;

[0021] 所述电源用于通过所述电路夹具给被测电迁移预警电路提供电源电压信号;

[0022] 所述信号源用于通过所述电路夹具给所述被测电迁移预警电路提供方波信号;

[0023] 所述电路夹具用于实现所述信号监测与数据采集设备、电源、信号源与所述被测电迁移预警电路之间的数据传输;

[0024] 所述控制端用于根据用户的输入向所述信号监测与数据采集设备发送控制指令,并将所述信号监测与数据采集设备发回的数据进行存储;

[0025] 所述信号监测与数据采集设备用于根据所述控制指令,对被测电迁移预警电路进行实时监测,并自动将监测到的数据传输给所述控制端。

[0026] 下面描述本发明的电迁移预警电路实时在线监测系统的具体工作过程:

[0027] 步骤一、识别被测电迁移预警电路管脚。优选的,所述被测电迁移预警电路可以包括如下输入、输出及控制信号管脚:输入电源电压管脚 200、输入接地管脚 201、输入时钟控制信号管脚 202、输入偏置电压管脚 203、以及输出信号管脚。在本实施例中,所设计的电迁移预警电路 113 正常工作时,输入电源电压管脚 200 需接 3.3V 的电源电压信号;输入接地管脚 201 需接地;输入时钟控制信号管脚 202 需接频率为 1Hz 的、占空比为 50% 的方波信号;输入偏置电压管脚 203 需接 1.7V 的电压;输出信号管脚 204 为输出信号端。

[0028] 步骤二、电路夹具设计与制作。作为一个较好的实施例,本发明的电路夹具可以包括:包括电路管脚插槽 112、信号传输电路板 111、信号传输导线 110 和信号转接电路板 109。下面分别进行描述:

[0029] 1) 电路管脚插槽 112 与被测电迁移预警电路 113 形成可拔插的电气互连,作为一个较好的实施例,在设计电路管脚插槽时可以采用耐 250℃ 高温的插槽;

[0030] 2) 信号传输电路板 111 通过其内设计的金属导线,实现电路管脚插槽 112 与信号传输导线 110 之间的信号传输功能,信号传输电路板 111 经设计后,采用耐 250℃ 高温的电路板在电路板制作厂商进行加工制作,信号传输电路板 111 与电路管脚插槽 112 通过焊接形成固定电气连接;

[0031] 3) 信号传输导线 110 实现信号传输电路板 111 与信号转接电路板 109 之间的信号传输功能,信号传输导线 110 的一端与信号传输电路板 111 通过焊接形成固定电气连接,另一端的排针插座与信号转接电路板 109 上的排针形成可拔插的、灵活的电气互连。作为一个较好的实施例,所述信号传输导线 110 同样可以耐 250℃ 高温的排线来进行设计;

[0032] 4) 信号转接电路板 109 经设计后在电路板制作厂商进行加工制作。

[0033] 由于本发明的电迁移预警电路实时在线监测系统多处采用了耐高温的材料,因此可实现对电迁移预警电路高温条件下的实时在线监测与数据采集并自动保存功能,其中,最高温度可为 250℃。

[0034] 步骤三、进行系统互连,即将本发明的监测系统中的各部件按照预定的方式连接起来,为进行监测做准备。首先连接信号监测与数据采集设备与控制端,作为一个较好的实施例,所述信号监测与数据采集设备与所述控制端之间可以通过各自的 GPIB (General-Purpose Interface Bus, 通用接口总线) 接口相连接,如图 1 所示,采用数据传输线 105,把信号监测与数据采集设备 100 的 GPIB 接口与控制端 106 的 GPIB 接口进行连接。

[0035] 作为一个较好的实施例,本实施例中的信号监测与数据采集设备 100 可以采用示波器 Tektronix TDS3052B。信号监测与数据采集设备 100 通过其双路探头 104 中的一路探头连接信号转接电路板 109 上对应于电迁移预警电路 113 的输出信号管脚 204 的端口,双路探头 104 中的另一路探头连接信号转接电路板 109 上对应于电迁移预警电路 113 的输入时钟控制信号管脚 202 的端口。

[0036] 作为一个较好的实施例,本实施例中的信号源 101 可以采用函数信号发生器 HP3324A。信号源 101 通过导线 103 连接信号转接电路板 109 上对应于电迁移预警电路 113 的输入时钟控制信号管脚 202 的端口。

[0037] 作为一个较好的实施例,本实施例中的电源 102 可以采用双路稳压电源 Agilent E3647A。电源 102 通过双路导线 115 连接信号转接电路板 109 上对应于电迁移预警电路 113 的输入电源电压管脚 200 的端口和输入偏置电压管脚 203 的端口。

[0038] 步骤四、控制端的设计。作为一个较好的实施例,所述控制端可以包括:人机交互界面 107、存储器 114;

[0039] 所述人机交互界面用于根据用户的输入向所述信号监测与数据采集设备发送控制指令。本实施例中设计的人机交互界面具有开始、停止和复位三个功能按钮,其中,当点击开始按钮后,信号监测与数据采集设备 100 能通过双路探头 104 自动实时在线监测电迁移预警电路 113 的输入时钟控制信号管脚 202 和输出信号管脚 204 的信号并自动保存数据;当点击停止按钮后则停止对被测电迁移预警电路管脚的信号进行自动监测及数据采集;当点击复位按钮后则对总测试次数清零;

[0040] 所述存储器用于将所述信号监测与数据采集设备发回的数据进行存储。

[0041] 另外,作为一个较好的实施例,所述控制端还可以包括显示屏 116,用于显示开始测试时间、上次测试时间、当前测试时间、总测试次数以及数据保存位置。

[0042] 步骤五、实时在线监测与数据采集。在经过前期的准备和设计之后,本步骤开始真正进入在线监测,动作描述如下:

[0043] 1)、首先将电迁移预警电路 113 插入测试系统中的电路管脚插槽 112 中,实现电气连接;

[0044] 2)、开启信号源 101,同时设置频率为 1Hz 的、占空比为 50% 的输出方波信号,该信号通过导线 103 传输给信号转接电路板 109,经信号传输导线 110、信号传输电路板 111 和电路管脚插槽 112 传输,最终把方波信号输送到电迁移预警电路 113 的输入时钟控制信号管脚 202;

[0045] 3)、开启电源 102,同时设置 3.3V 和 1.7V 的两路电压输出信号,通过双路导线 115 传输给信号转接电路板 109,经信号传输导线 110、信号传输电路板 111 和电路管脚插槽 112 传输,最终把 3.3V 和 1.7V 电压信号分别输送到电迁移预警电路 113 的输入电源电压管脚 200 和输入偏置电压管脚 203;

[0046] 4)、开启信号监测与数据采集设备 100 和控制端 106。首先,用户点击人机交互界面的开始功能按钮,信号监测与数据采集设备 100 能通过双路探头 104 自动实时在线监测电迁移预警电路 113 的输入时钟控制信号管脚 202 和输出信号管脚 204 的信号,并自动将探测到的两路信号数据按照指令要求传输给控制端的存储器进行保存,作为一个较好的实施例,此处数据存储的格式可以为文本格式。其次,当试验可结束时,点击停止功能按钮,停

止对电迁移预警电路 113 的输入时钟控制信号管脚 202 和输出管信号脚 204 的信号自动监测及数据采集。

[0047] 将上述保存的文本格式数据导入相关数据制图软件中,即可得到直观的监测数据。如图 4 所示为在实验开始测试阶段,自动监测、采集和保存的电迁移预警电路 113 报警前的输入时钟控制信号管脚 202 和输出信号管脚 204 的信号数据。从图 4 可知,输入时钟控制信号管脚 202 在高电平 (3.3V) 时,输出信号管脚 204 处于低电平 (0V);输入时钟控制信号管脚 202 在低电平时 (0V),输出信号管脚 204 为高电平 (3.3V);这一测试结果符合电迁移预警电路 113 报警前的输入时钟控制信号与输出信号之间的逻辑对应关系。

[0048] 另外,将电迁移预警电路 113 及电路夹具 108 放入温度为 125℃ 高温箱 (EspecPH-101) 中,采用该方法针对电迁移预警电路 113 进行了连续 5 个月的监测与数据采集,自动获取了电迁移预警电路 113 报警后的输入时钟控制信号管脚 202 和输出信号管脚 204 的信号数据,即输入时钟控制信号管脚 202 在高电平 (3.3V) 或低电平 (0V) 时,输出信号管脚 204 均为高电平 (3.3V),这一测试结果符合电迁移预警电路 113 报警后的输入时钟控制信号与输出信号之间的逻辑对应关系。因此,电迁移预警电路实时在线监测方法是可行的,而且具有简单、方便和高效的优点。

[0049] 通过以上方案可以看出,本发明的电迁移预警电路实时在线监测系统,实现了信号监测与数据采集设备与控制端之间的互连与通讯,通过控制端向信号监测与数据采集设备发出控制指令,把信号监测与数据采集设备上对电迁移预警电路实时监测的数据进行采集,并将所采集的数据传回控制端进行保存,从而实现了实时在线监测电迁移预警电路的预警信号并自动进行数据采集和保存的功能,满足了电迁移预警电路测试时间长、所采集与保存数据量大的要求。而且本发明的电迁移预警电路实时在线监测系统简单易行,方便高效,便于推广应用,具有较好的市场应用前景。

[0050] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。



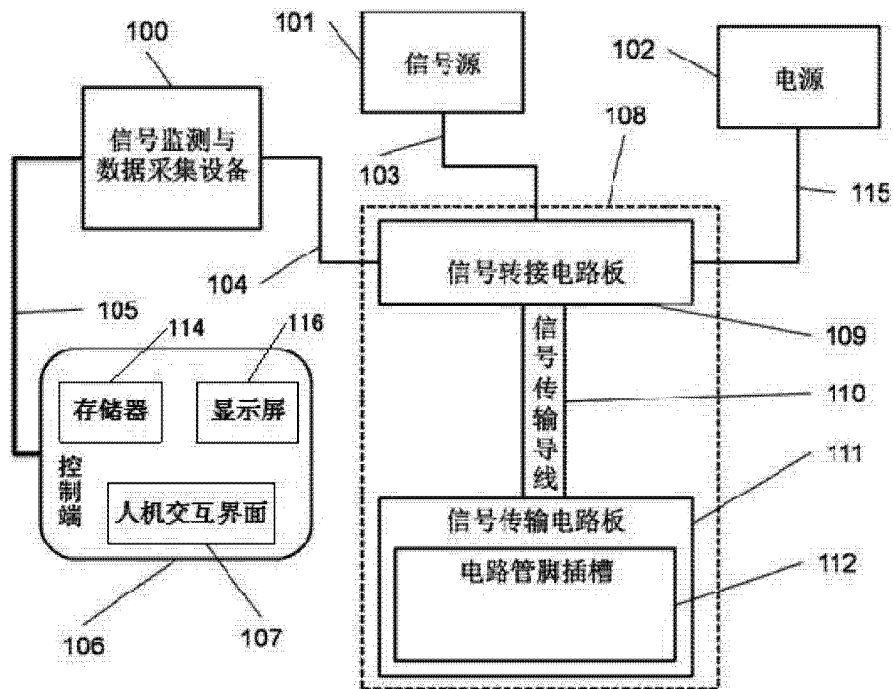


图 1

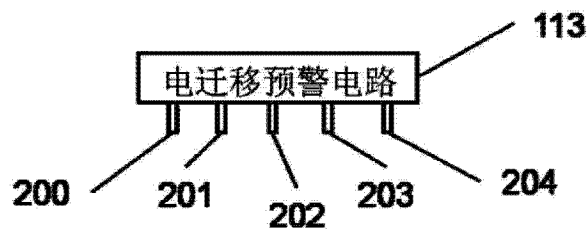


图 2

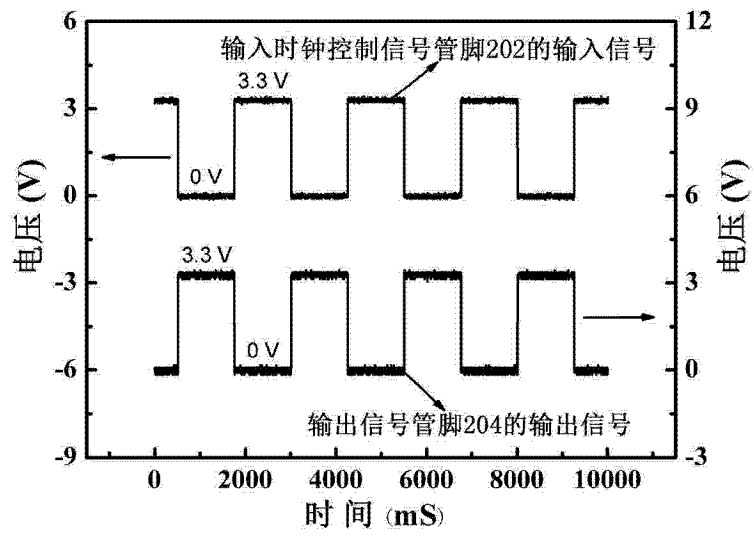


图 3

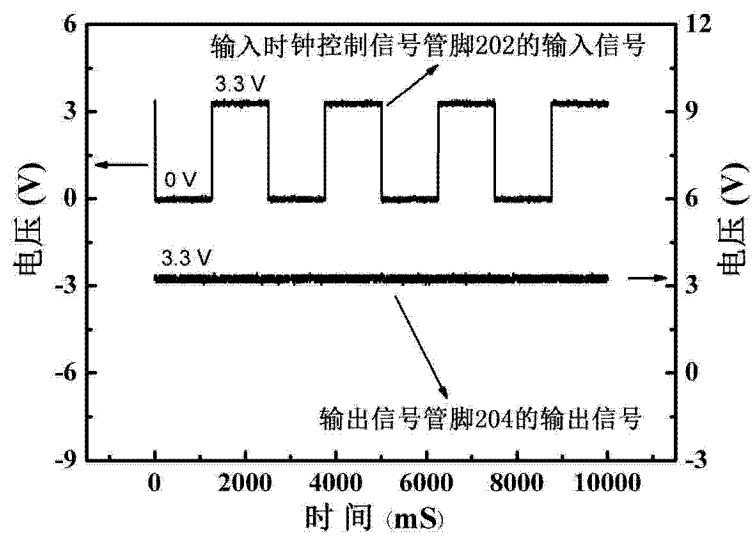


图 4