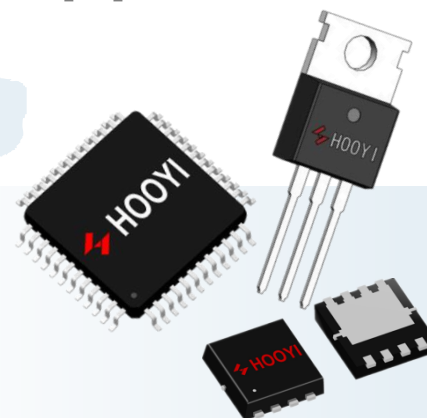


器件参数测试项目介绍

西安后羿半导体科技有限公司

研发部

2016-12-05



1

器件的直流参数(DC)测试项目介绍

2

器件的交流参数(AC)测试项目介绍



直流参数(DC)测试

1

器件的直流参数(DC)测试项目介绍

2

器件的交流参数(AC)测试项目介绍



对功率器件的晶圆进行晶圆级别测试，主要目的是早期就能发现在晶圆制造过程中，由于工艺缺陷，设计缺陷等引起器件的参数失效，以避免流入后续的工艺。超结器件的晶圆级别测试主要包含的测试项目有击穿电压测试（ BV_{dss} ），开启电压（ V_{th} ），导通电阻（ R_{dson} ），体二极管的耐压测试（ V_{sd} ），栅极-源极漏电流测试（ I_{gss} ），漏极-源极漏电流测试（ I_{dss} ），这些基本的晶圆级别测试，能在初期判断出器件参数的好坏。

器件的直流参数测试，包括器件的晶圆级别测试（CP测试），以及封装好后的终端测试（FT）测试，评估器件的参数是否能达到设计要求。



1. BVdss测试：

主要是测试器件的漏极与源极间的击穿电压。在测试时，栅极（gate）与源极（source）短接，在漏极（drain）与源极（source）间施加电流（ $I_d=250\mu A$ ）进行测试。测试原理及曲线如图1-1所示：

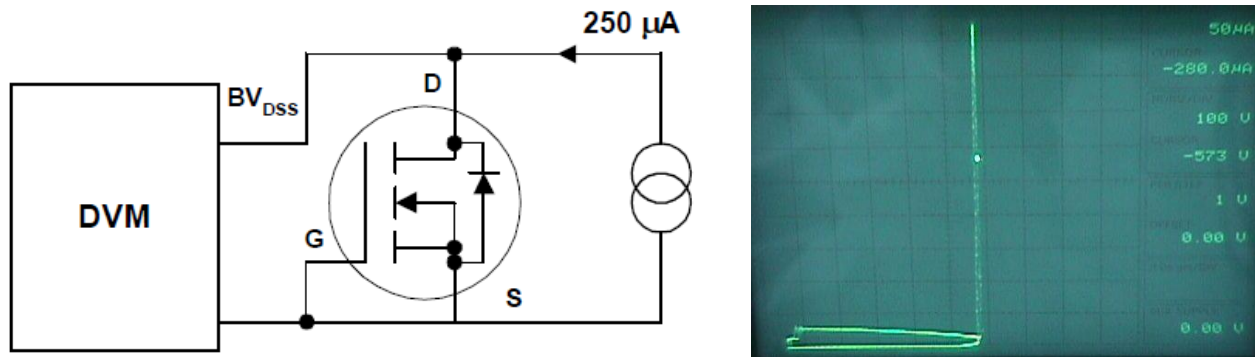
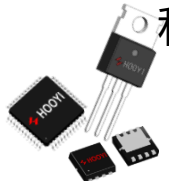


图1-1 BVdss测试原理图及实际测试曲线

上述的BVdss测试原理，适合脉冲测试和扫描测试，通过对BVdss扫描测试，能看到所设计的器件是硬击穿（hard break）还软击穿（soft break），如果是硬击穿，表示设计的器件性能达到要求，如果是软击穿，表示器件性能有问题，需要分析设计和工艺的原因，以便能解决问题。



2. Vth测试：

主要是测试器件的栅极与源极间开启电压，在测试时，漏极与栅极极短接，在栅极与源极间施加电压，当漏极与源极间的电流 $I_d=250\mu A$ 时，对应的栅极与源极间的电压，即为开启电压（ V_{th} ）。测试原理图与曲线如图1-2所示：

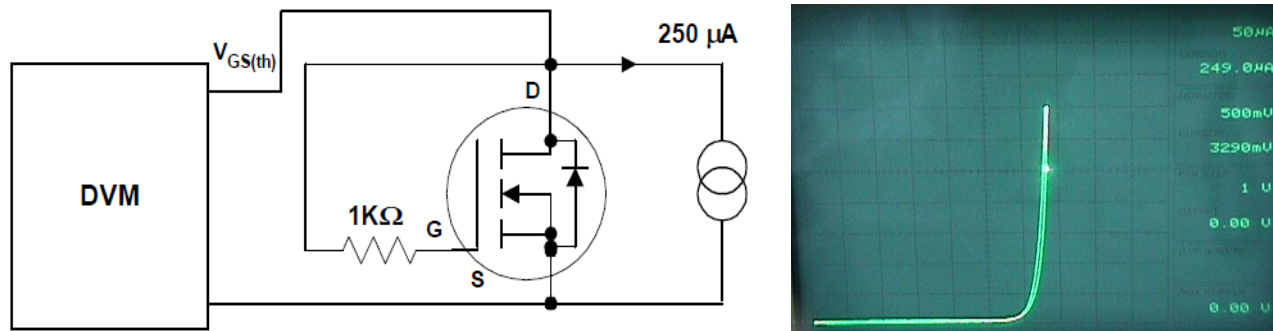
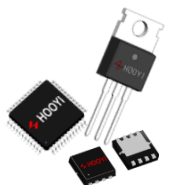


图1-2 Vth测试原理图及实际测试曲线



3. Rdson测试：

主要是测试器件的导通电阻（ R_{dson} ）值的大小。在测试时，在栅极与源极之间施加电压（如 $V_{gs}=10V$ ），在漏极与源极之间施加电流（ $I_d=1A$ ），测量出漏极与源极之间的电压 V_{ds} ，在根据欧姆定律 $R=V/I$ ，即可测量出器件的导通电阻。在晶圆级别测试中，由于探针卡的限制，一般漏极与源极间的电流比较小，限制在 $I_d=1A\sim 2A$ 左右，导通电阻的测试原理图及曲线如图1-3所示：

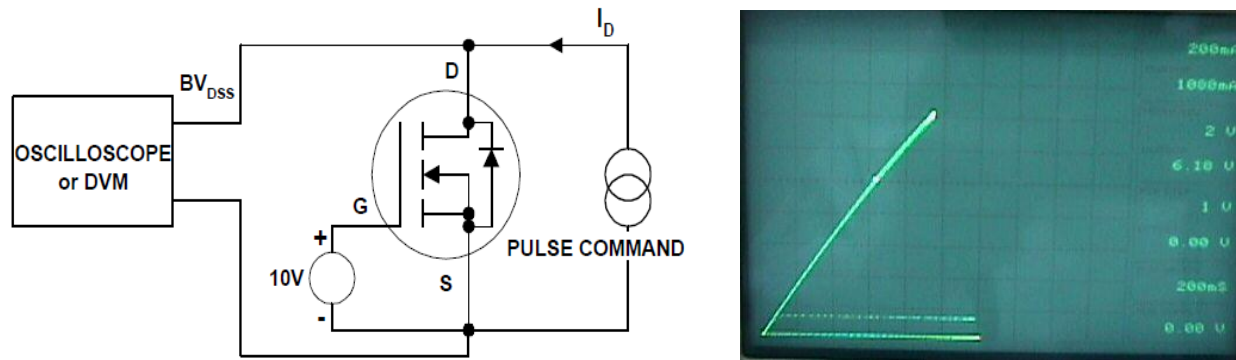


图1-3 Rdson测试原理图及实际测试曲线



4. Vsd测试：

主要测试源极与漏极间体二极管的PN结耐压值。在测试时，栅极与源极短接，在源极与漏极间施加电流（ $I_{sd}=1A$ ），测试测得的电压即为源极与漏极间体二极管的耐压值。在晶圆级别测试时，由于探针卡的限制，在Vsd测试时，一般时间的电流 I_{sd} 为 $1A\sim 2A$ 。

Vsd的测试原理图与曲线如图1-4所示：

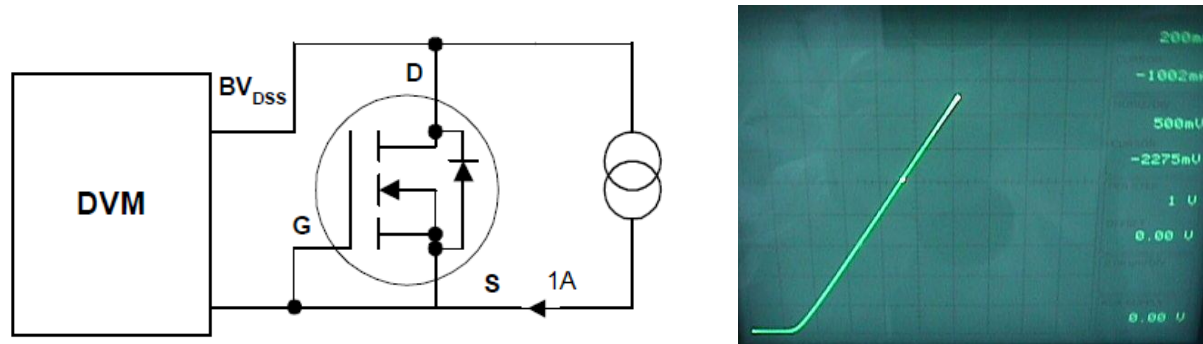


图1-4 Vsd测试原理图及实际测试曲线



5. 单脉冲雪崩能量 (EAS) 测试

主要测试器件在关断时，能耐大电流的冲击能力。EAS的测试电路原理图如图1-5所示：

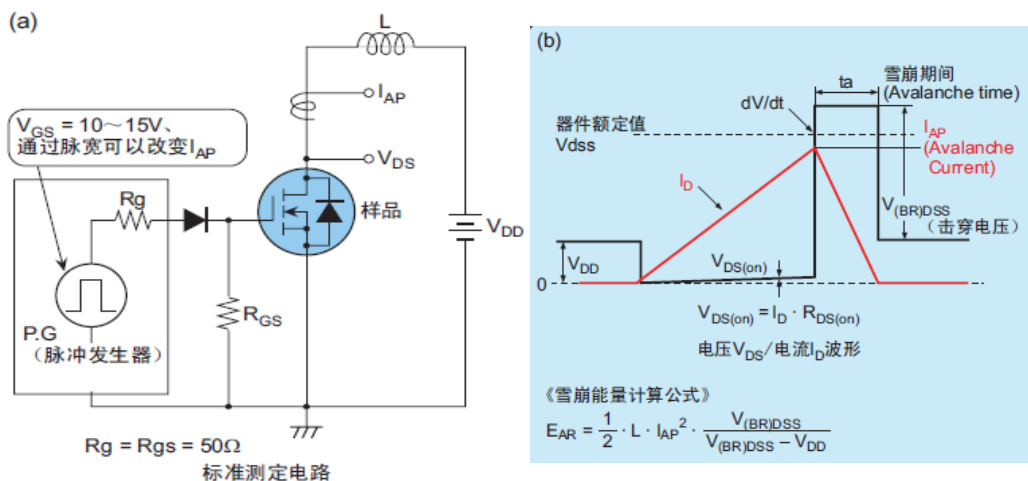
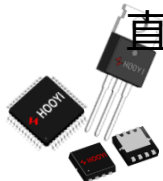


图1-5 EAS测试原理图及曲线

当器件在开启时（即 V_{gs} 施加脉冲电压），由电压源 V_{dd} ，电感 L ，被测试样品构成回路，电路中的电流 I_d 成线性上升，当器件处于关断时，对地回路被切断，由于电感 L 的特性，电流不能突变，电流 L 中的电流不断的灌入到被测试的样品中，此时被测试样品处于雪崩击穿状态，并且承受着大电流和高电压的冲击，此时器件的结温在不断的升高，直至达到最大结温，如果此时器件不被损耗，表明器件的EAS能力满足要求。



5. 单脉冲雪崩能量 (EAS) 测试

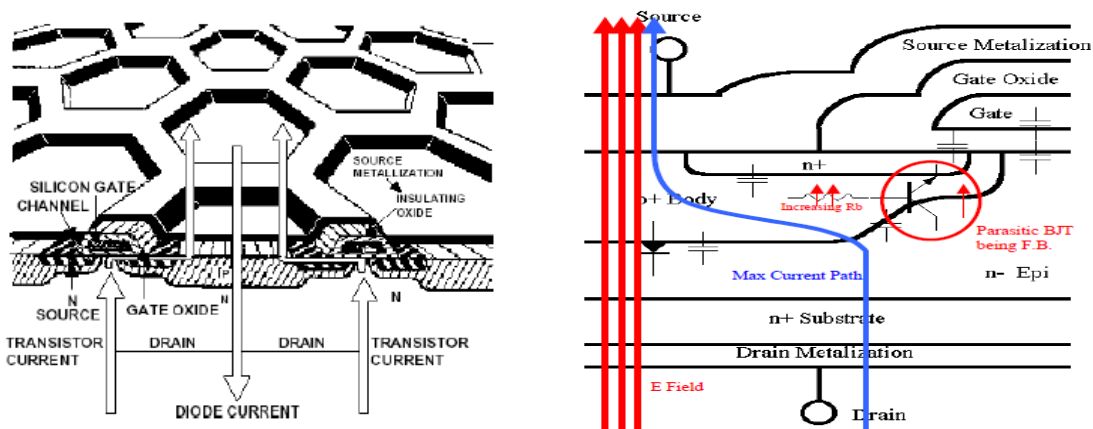


图1-6功率器件单胞结构图及断面结构图

如图1-6所示，在MOS器件中，器件的内部寄生着一个BJT晶体管，在P区寄生着电阻 R_b ，当在EAS测试时，大电流流入MOS器件中，在寄生电阻 R_b 上会产生电压降 V_b ，当 V_b 大于BJT管 V_{be} 电压（0.7V）时，BJT管处于开启状态，一旦BJT管开启，MOS的耐压 BV_{dss} 由集电极-基极的结耐压 V_{cb} 耐压变成集电极-发射极结 V_{ce} 耐压，由BJT管特性可知， V_{ce} 约为40%~60%的 V_{cb} 耐压，此时MOS管耐压 BV_{dss} 急剧下降，从而导致器件的电压击穿。另外BJT管的 V_{be} 耐压为负温度系数，即随温度的升高， V_{be} 变小，寄生电阻 R_b 为正温度系数，即随温度的升高， R_b 变大，在MOS器件发生雪崩时，器件的温度在上升，直至最大结温，因此，随着雪崩的进行，器件温度不断升高，导致 V_{be} 在减小，寄生电阻 R_b 在增加，从而导致寄生电阻 R_b 的分压 V_b 值在增加，从而使BJT管更容易开启，导致器件更容易失效，因此EAS测试，变得很重要，是器件性能的一个重要评估指标。



5. 单脉冲雪崩能量 (EAS) 测试

EAS测试过程中，器件变化如图1-7~图1-11所示：

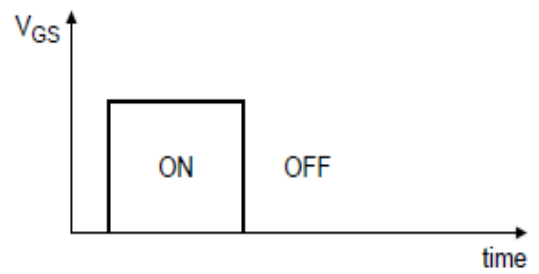


图1-7 栅极电压脉冲图

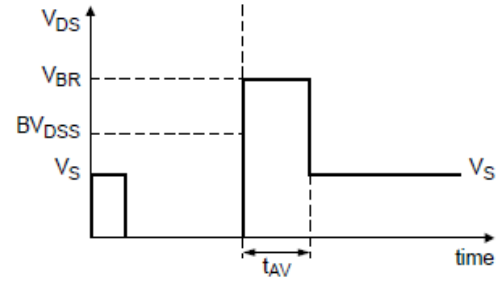


图1-8 漏极-源极电压图

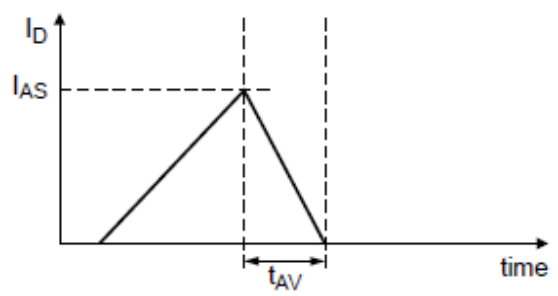


图1-9 器件电流Id图

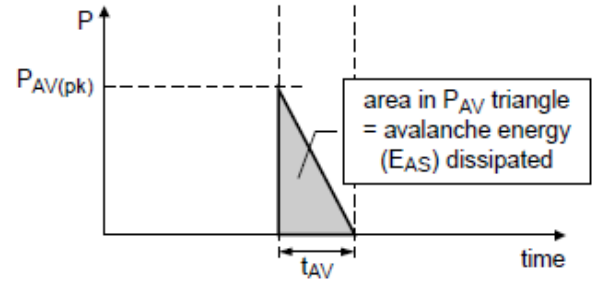


图1-10 最大能力图

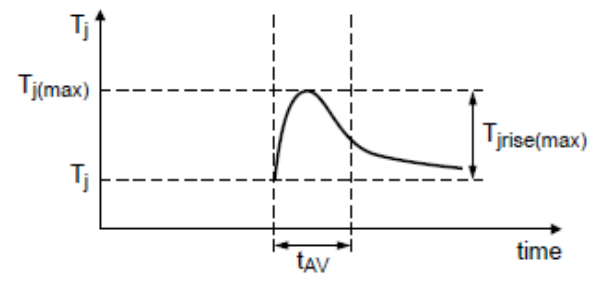


图1-11 结温变化图



1

器件的直流参数(DC)测试项目介绍

2

器件的交流参数(AC)测试项目介绍



经过晶圆级别测试后，对器件进行封装测试，接着对器件进行交流参数(AC)测试，交流参数测试项目主要包括栅极电荷（ Q_g ），开关时间（switching time），电容（ C_{iss} ， C_{oss} ， C_{rss} ），体二极管反向恢复时间（ T_{rr} ）和反向存储电荷（ Q_{rr} ）测试等，以评估器件的交流参数（AC）性能是否满足设计要求。



1. 电容 (Capacitance) 测试 :

在器件的AC参数中，电容测试主要包含输入电容 (C_{iss}) ，输出电容 (C_{oss}) 以及米勒电容 (C_{rss}) ，器件电容是描述器件在开关过程中，能量的存储与消耗。通常测试时的频率为1MHZ。输入电容 (C_{iss}) ，输出电容 (C_{oss}) 的测试原理图如图1-12和图1-13所示：

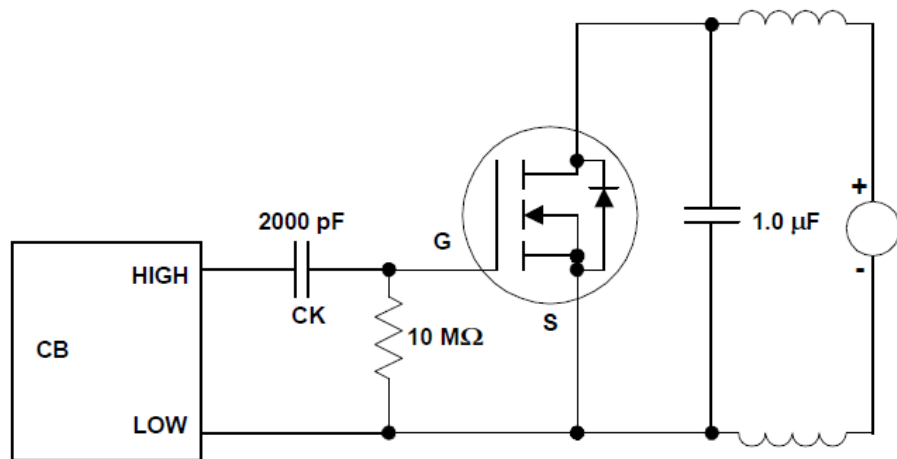


图1-12 输入电容 (C_{iss}) 测试原理图

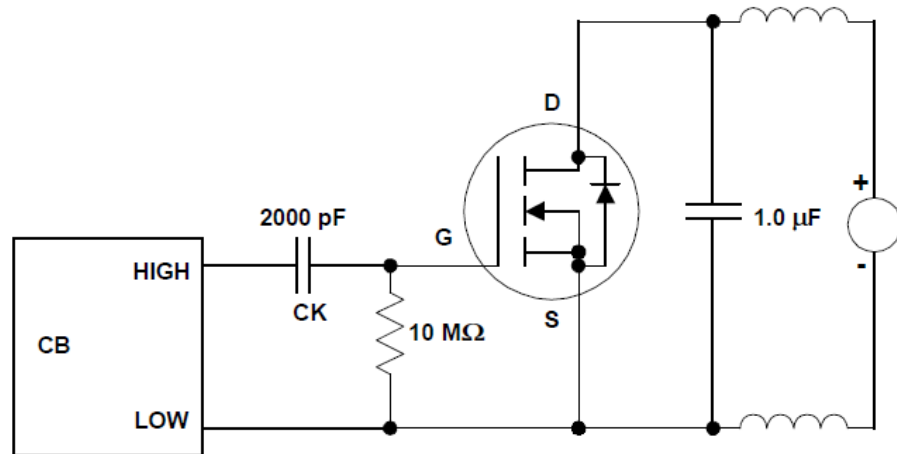


图1-13 输出电容 (C_{oss}) 测试原理图



2. 开关时间 (Switching Time) 测试

开关时间测试包含上升时间 (T_r)，上升延迟时间 (T_{don})，关断时间 (T_f)，关断延迟时间 (T_{doff}) 四项，主要描述器件在开关过程中，各个时间参数，在应用方案设计时，对控制IC的选取和驱动有影响。开关时间的测试原理图和开关波形如图1-14和图1-15所示：

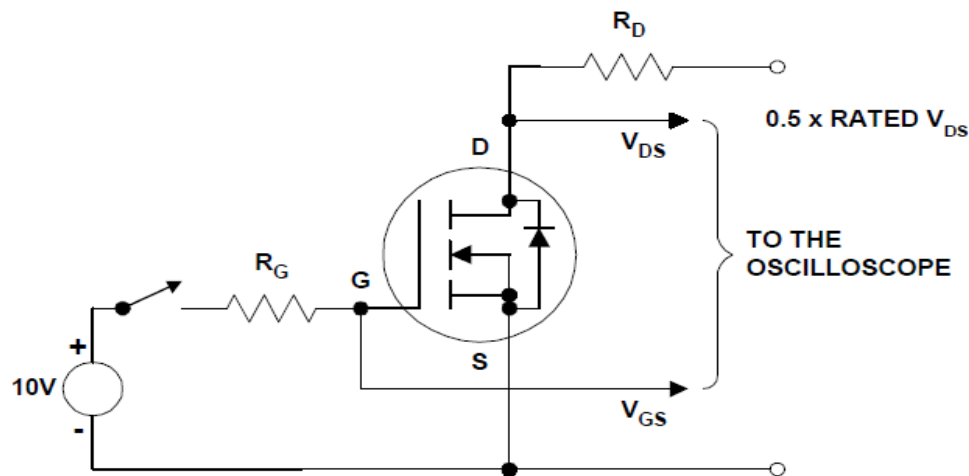


图1-14 开关时间 (switching time) 测试原理图

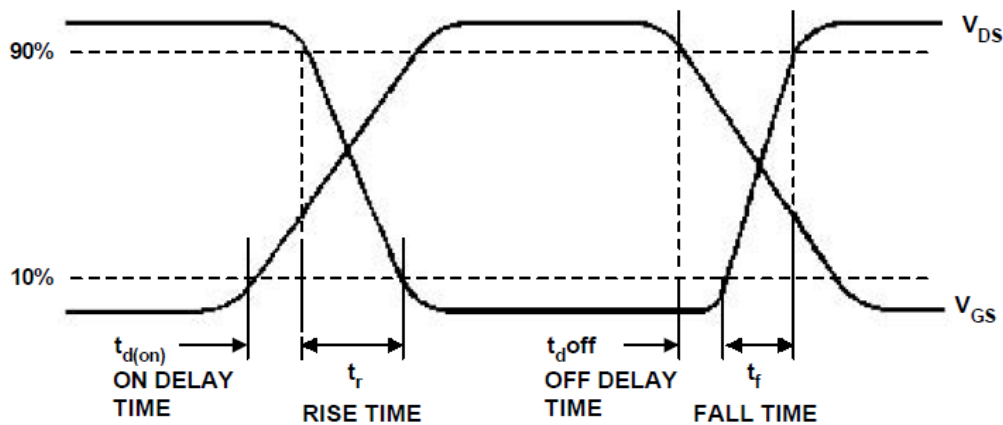


图1-15 器件开关时间时序图



3. 电荷 (Charge) 测试 :

器件的电荷包含栅极电荷 (Q_g) , 栅极-漏极电荷 (Q_{gd}) , 栅极-源极电荷 (Q_{gs}) 三项, 各个电荷的大小, 影响到控制IC的驱动能力的选取, 以及器件的驱动损耗的大小, 在应用方案设计时, 有着非常重要的参考意义。
 $Q_g = (t_3 - t_0) * i_g$, $Q_{gd} = (t_2 - t_1) * i_g$, $Q_{gs} = Q_g - Q_{gd}$ 。电荷的测试原理图和波形图如图1-16和图1-17所示:

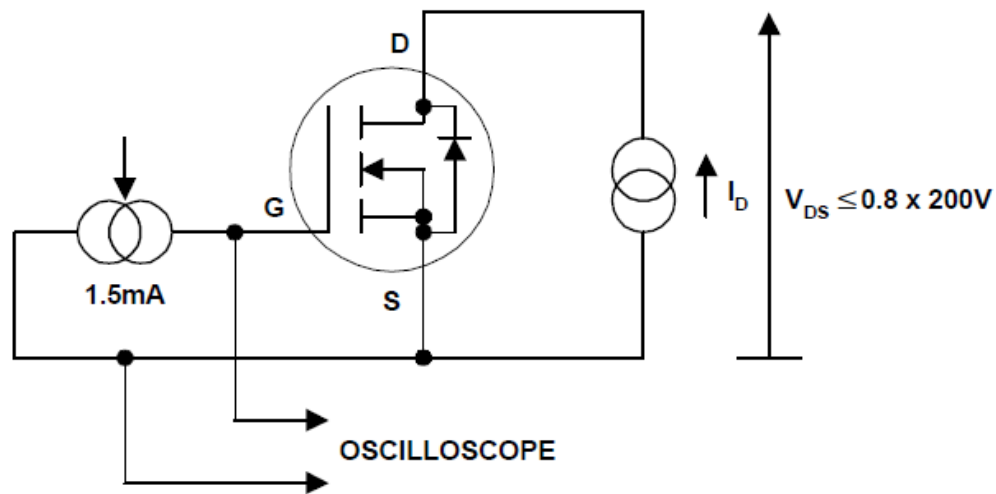


图1-16 栅极电荷 (Q_g) 测试原理图

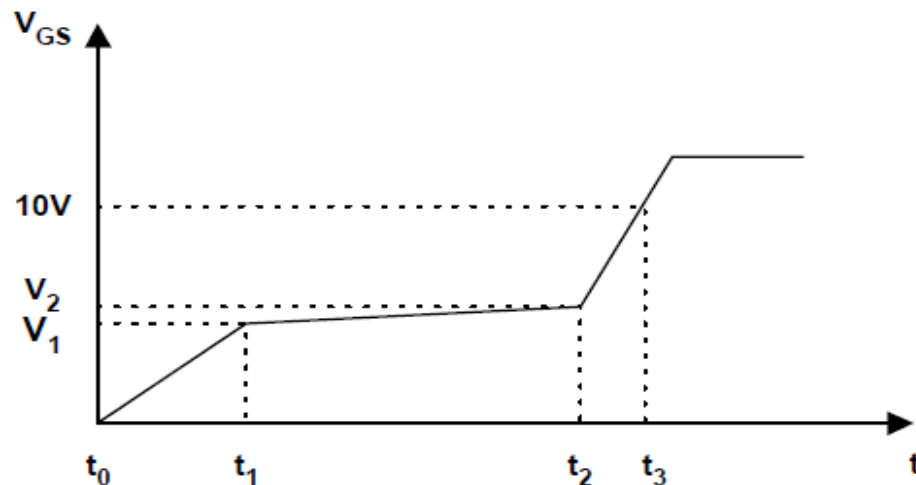


图1-17 器件栅极电荷 (Q_g) 曲线图

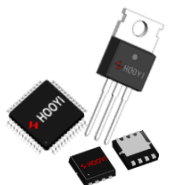


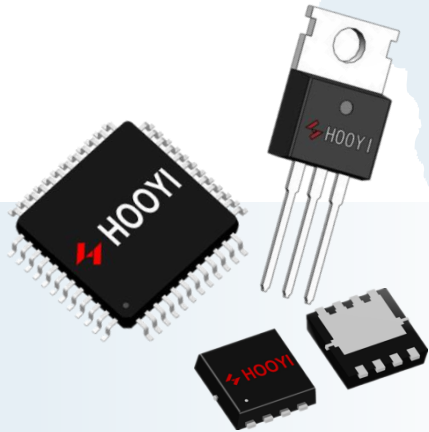
如果一个产品没有通过测试，可以通过一些方面来判定问题的原因：

- 1、测试本身的问题；
- 2、设计的问题；
- 3、制造的问题；
- 4、specification 的问题。

测试本身的权威性往往是设计人员所挑战的，所以对于测试人员来说要对集成电路测试有充分的了解。

集成电路中测试主要包括两种：设计验证和量产测试。两者分别对应不同的目的，设计验证是一个设计与验证交互式的过程，内容包括调试，提高成品率，实效分析。要找出芯片的全面性能特性，这种测试要注重测试的完全化，多样化。量产中的测试，因为要考虑到生产的因素，要求要效率高，时间短，可执行性强。要能以最快的方法检验产品的缺陷。用最短的测试向量集提供最高的故障覆盖率。





Thank You!