



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113595047 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 02

(21) 申请号 202110959310.6

(22) 申请日 2021.08.20

(71) 申请人 南通大学

地址 226019 江苏省南通市啬园路9号

(72) 发明人 任磊 钱天泓 张雷 秦岭

(51) Int. Cl.

H02H 9/04 (2006.01)

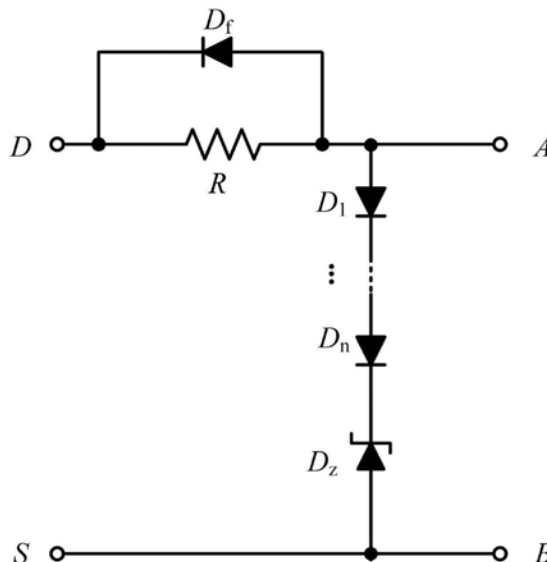
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于在线测量功率晶体管导通压降的无源钳位电路

(57) 摘要

本发明公布了一种用于在线测量功率晶体管导通压降的无源钳位电路,包括用于承受高压的电阻R、释放二极管D_f、分压二极管D₁...D_n、稳压二极管D_z。待测晶体管关断时,电阻R承受关断高压,输出A、B两端电压维持在由稳压二极管D_z决定的钳位电压值;待测晶体管开通时,输出A、B两端电压将从钳位电压值通过释放二极管D_f下降至待测晶体管的导通压降。本发明电路中分压二极管R₁...R_n不仅可以降低回路中的等效电容值,减少释放时间,还可以提高测量精度。本发明所提出的电路,具有结构简单、动态性能好、测量精度高的优点。



CN 113595047 A

1. 一种用于在线测量功率晶体管导通压降的无源钳位电路,其特征在于,所述无源钳位电路包括电阻R、二极管 D_f 、二极管 D_1 - D_n 、稳压二极管 D_z ;

其中,二极管 D_f 的阴极与电阻R的一端同时连接待测功率晶体管的漏极D,二极管 D_f 的阳极与电阻R的另一端同时连接二极管 D_1 的阳极;二极管 D_i 的阴极连接二极管 D_{i+1} 的阳极, $i=1,2,\dots,n-1$;二极管 D_n 的阴极连接稳压二极管 D_z 的阴极,稳压二极管 D_z 的阳极连接待测功率晶体管的源极S,二极管 D_1 的阳极为正极输出端A,稳压二极管 D_z 的阳极为负极输出端B,正极输出端A连接电压测量设备的正极,负极输出端B连接电压测量设备的负极。

2. 根据权利要求1所述的电压钳位电路,其特征在于:二极管 D_f 为高压二极管,二极管 D_1 - D_n 为低压二极管。

一种用于在线测量功率晶体管导通压降的无源钳位电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,尤其涉及功率晶体管导通压降的测量。

背景技术

[0002] 随着多电和全电飞机的发展,飞机用电量不断增加,机载电力电子设备越来越多,因此对机载电力电子变换装置的可靠性、可维护性及可测试性提出了更高的要求。导通压降作为功率晶体管内部键合线断裂的重要标志,已成为用于监测功率晶体管衰退的一个重要特征参数。然而,随着电力电子技术的发展,高耐压、低导通电阻的功率晶体管对于导通压降的在线测试提出了更高的要求。

[0003] 一个正常工作的功率晶体管,其两端电压处于交变状态,当待测功率晶体管导通时,其两端电压较低(可以达到1V以下);当待测功率晶体管关断时,其两端电压往往较高(可以达到数百伏)。要测量功率晶体管两端的电压波形,测量设备(一般指电压测量设备)的测量范围必须设计得足够宽,从而能够同时测量开通与关断两个等级的电压,否则,测量设备内部的放大器会饱和,若没有足够的恢复时间,会影响导通压降的测量精度。举个例子来说,如果晶体管两端电压范围为0.1V~400V,八位的模数转换提供 $2^8=256$ 个量化电平,该八位的模数转换可以提供的分辨率为 $400/256=1.56V$,而1.56V的分辨率下测量0.1V的电压,结果显然不具有置信度。随着GaN器件的发展,更低的导通电阻以及更高的电压应力使得该问题更加突出。因此,对于宽禁带的器件的测量需要更高的分辨率以及更快的测量速度。

发明内容

[0004] 本发明旨在为功率晶体管的可靠性研究提供一种技术支持,提供一种可以将待测功率晶体管关断时的较高电压钳位到较低电压的电路,实现了在一个较小的电压范围内测量功率晶体管两端的电压,从而保证对待测功率晶体管的导通压降的测量精度。

[0005] 本发明提供的技术方案如下:

[0006] 一种用于在线测量功率晶体管导通压降的无源钳位电路,包括电阻R、二极管 D_f 、二极管 $D_1 \cdots D_n$ 、稳压二极管 D_z ,其中,二极管 D_f 的阴极与电阻R的一端同时连接待测功率晶体管的漏极D,二极管 D_f 的阳极与电阻R的另一端同时连接二极管 D_1 的阳极,二极管 D_1 的阴极连接二极管 D_2 的阳极, ..., 二极管 D_{n-1} 的阴极连接二极管 D_n 的阳极,二极管 D_n 的阴极连接稳压二极管 D_z 的阴极,稳压二极管 D_z 的阳极连接待测功率晶体管的源极S,二极管 D_1 的阳极为正极输出端A,稳压二极管 D_z 的阳极为负极输出端B,输出端A、B分别连接电压测量设备的正负极。

[0007] 优选地,二极管 D_f 为高压二极管,二极管 $D_1 \cdots D_n$ 为低压二极管。

[0008] 该电路工作原理描述如下:

[0009] 待测功率晶体管导通时,此时输出端电压 V_{AB} 为:

$$[0010] \quad V_{AB} = V_{DS(on)} - RI_{leak} \quad (1)$$

[0011] 其中 $V_{DS(on)}$ 为待测功率晶体管导通压降, I_{leak} 为此时流过电阻R的电流的大小,该电流与二极管 $D_1 \sim D_n$ 和稳压二极管 D_z 支路的电流相等。为了减小 V_{AB} 与 $V_{DS(on)}$ 之间的误差,本发明提出通过串联多个二极管 D_1, \dots, D_n 来降低 I_{leak} 。

[0012] 待测稳压二极管 D_z 关断时,其两端电压通常为数百伏的高压,本发明利用稳压二极管 D_z 将A、B两端的输出端电压钳位为:

$$[0013] \quad V_{AB} = \sum_1^n V_{Dn} + V_{Dz} \quad (2)$$

[0014] 其中 V_{Dn} 为二极管 D_n 的导通压降,其值通常为0.7V左右, V_{Dz} 根据所选用的稳压二极管确定,一般选用4~5V。因此,本发明的电路可以将关断数百伏电压从高压钳位至低压。

[0015] 本发明所提出的用于在线测量晶体管导通压降的电压钳位电路有如下突出优点:

[0016] 1) 本发明的电路利用电阻R来阻隔待测晶体管关断时的高压,利用稳压管将待测晶体管关断时的高压钳位至指定低压等级,这样输出电压范围为零伏到几伏,从而保证能够实现对待测晶体管导通压降的测量。

[0017] 2) 本发明利用多个串联的二极管 D_1, \dots, D_n 来降低待测晶体管开通时流过电阻R的电流,提高测量精度。

[0018] 3) 本发明利用多个串联的二极管 D_1, \dots, D_n 来降低 $D_1 \sim D_z$ 支路的等效电容,提高该电路的动态性能。

附图说明

[0019] 图1是本发明的电路结构示意图;

[0020] 其中,D是待测晶体管的漏极,S是待测晶体管的源极,R是用来隔断高压的电阻、 D_f 是用来快速释放的二极管、 $D_1 \sim D_n$ 是用来提高测量精度以及动态性能的二极管、 D_z 是用来钳位的稳压二极管,A是输出端正极,B是输出端负极。

[0021] 图2是使用本发明的电路来测量BUCK电路的电路结构示意图;

[0022] 其中,D是待测晶体管的漏极,S是待测晶体管的源极,G是待测晶体管的栅极,R是用来隔断高压的电阻、 D_f 是用来快速释放的二极管、 D_1 与 D_2 是用来提高测量精度以及动态性能的二极管、 D_z 是用来钳位的稳压二极管,A是输出端正极,B是输出端负极, V_{in} 是BUCK电路的输入流电源电压稳态值, L_f 是BUCK电路输出滤波电感, D_x 是BUCK电路续流二极管, R_L 是BUCK电路输出直流负载电阻, C_f 是BUCK电路输出滤波电容。

[0023] 图3(a)、(b)是使用本发明的电路来测量BUCK电路中的功率晶体管导通压降的测量结果示意图。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图与具体实施例对本发明作进一步详细描述:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了实施方式和操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施。

[0025] 图1是本发明的电路结构示意图,所示的电路中无源钳位电路包括电阻R、二极管 D_f 、二极管 $D_1 \sim D_n$ 、稳压二极管 D_z ;其中,二极管 D_f 的阴极与电阻R的一端同时连接待测功率晶体管的漏极D,二极管 D_f 的阳极与电阻R的另一端同时连接二极管 D_1 的阳极;二极管 D_1 的阴极

连接二极管 D_{i+1} 的阳极, $i=1, 2, \dots, n-1$; 二极管 D_n 的阴极连接稳压二极管 D_z 的阴极, 稳压二极管 D_z 的阳极连接待测功率晶体管的源极S, 二极管 D_1 的阳极为正极输出端A, 稳压二极管 D_z 的阳极为负极输出端B, 正极输出端A连接电压测量设备的正极, 负极输出端B连接电压测量设备的负极。

[0026] 为说明本发明的正确性和可行性, 针对一台BUCK电路进行了仿真验证。图1所示的电路与BUCK电路的连接如图2所示。仿真参数为: BUCK输入直流电源电压稳态值 $V_{in}=100V$, 滤波电感 $L_f=200\mu H$, 输出滤波电容 $C_f=500\mu F$, 直流负载电阻 $R_L=10\Omega$, 驱动电压 v_g 的幅值为15V, 开关频率为100kHz。本发明 $R=2k\Omega$, 使用了两个分压二极管 D_1 与 D_2 , 稳压二极管 D_z 稳压参数为4.3V。

[0027] 图3(a)和图3(b)为该实施例的具体仿真实验波形, 给出了BUCK电路中MOSFET的漏源极电压 V_{DS} 及其经过本发明电路之后的输出电压 V_{AB} 的波形。图3(a)所示为 V_{DS} 与 V_{AB} 的全局波形, 可以看出待测MOSFET关断阶段电压等级较高的电压 V_{DS} 被本发明电路钳位至较低等级的电压 V_{AB} , 而且不存在电压尖峰, 无RC延时, 动态性能好。图3(b)所示为导通压降局部波形, 可以看出本发明的输出与实际的导通压降几乎完全吻合, 误差非常小。所以, 使用本发明电路可以将电压等级较高的电压钳位至较低等级的电压, 从而实现导通压降的精确测量。

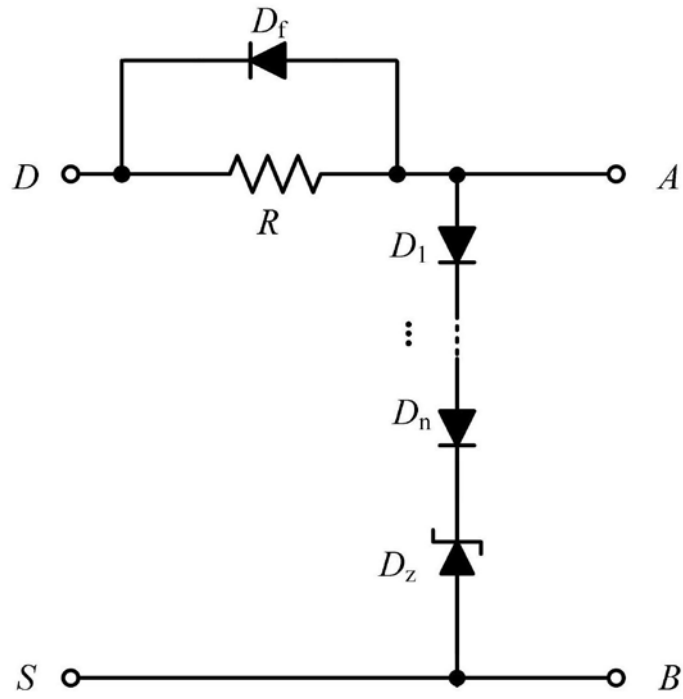


图1

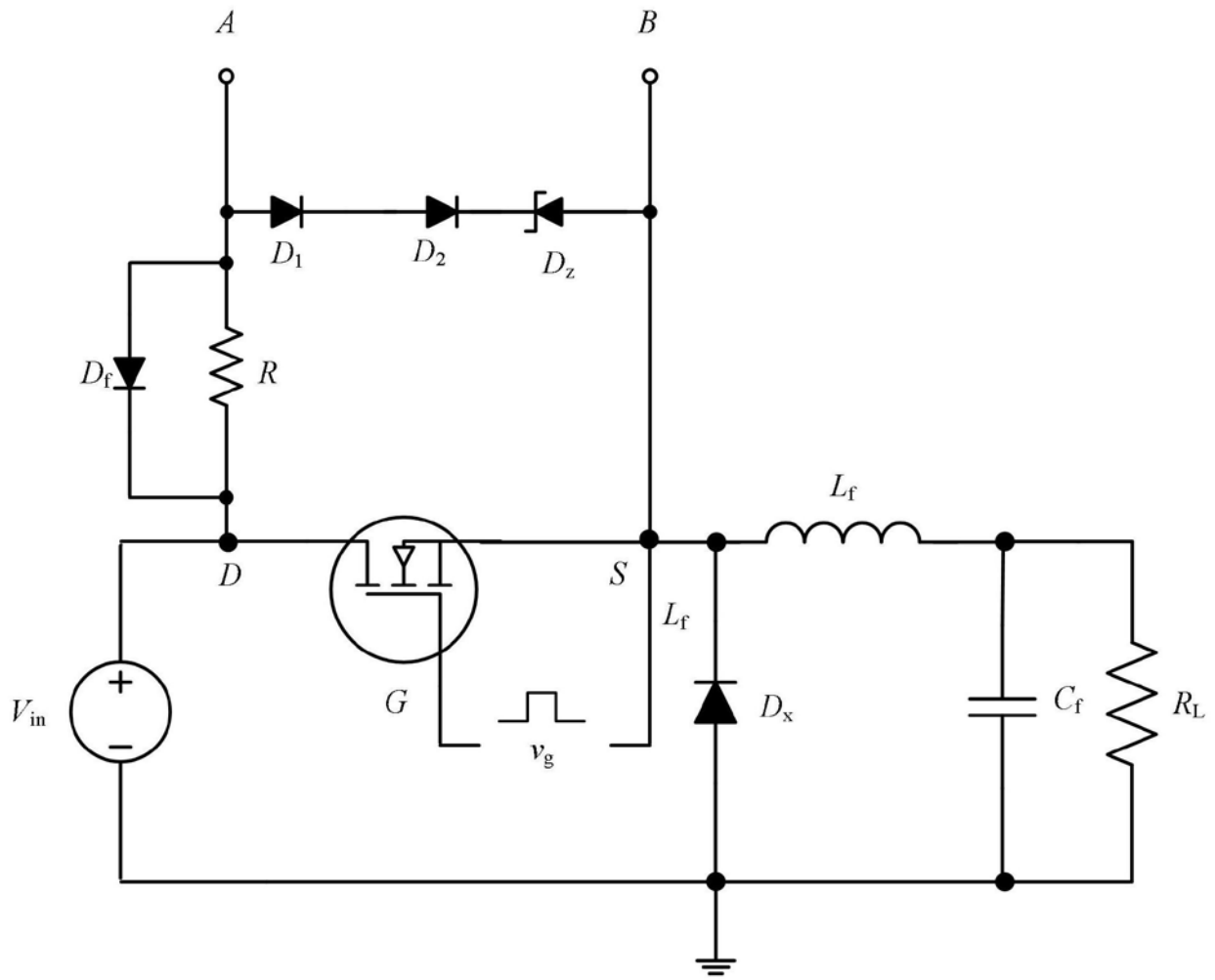


图2

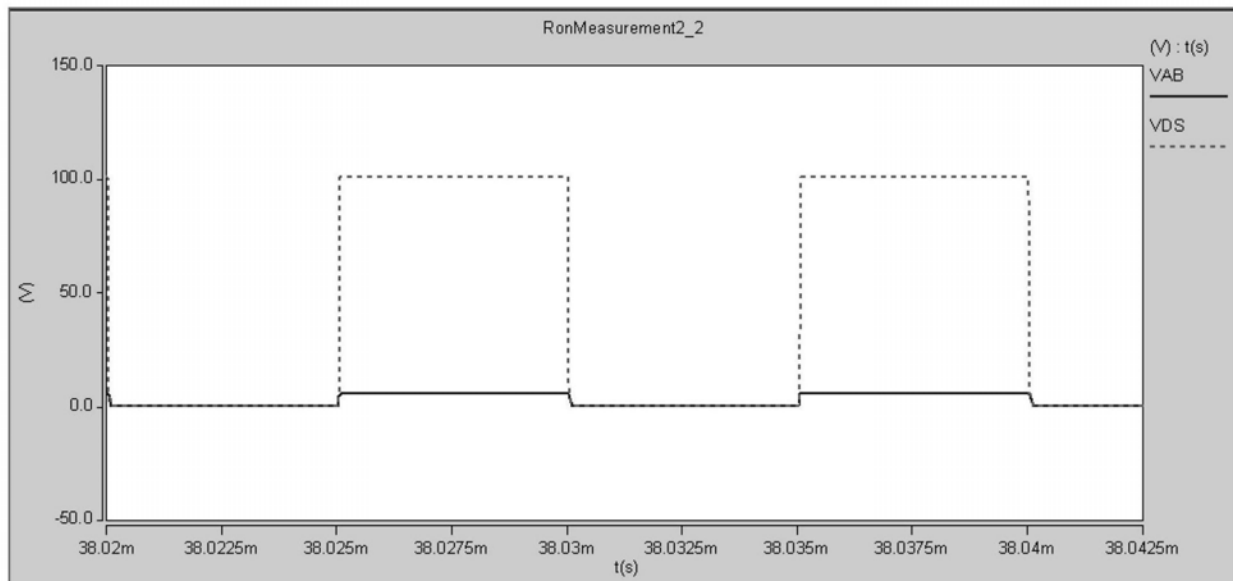


图3 (a)

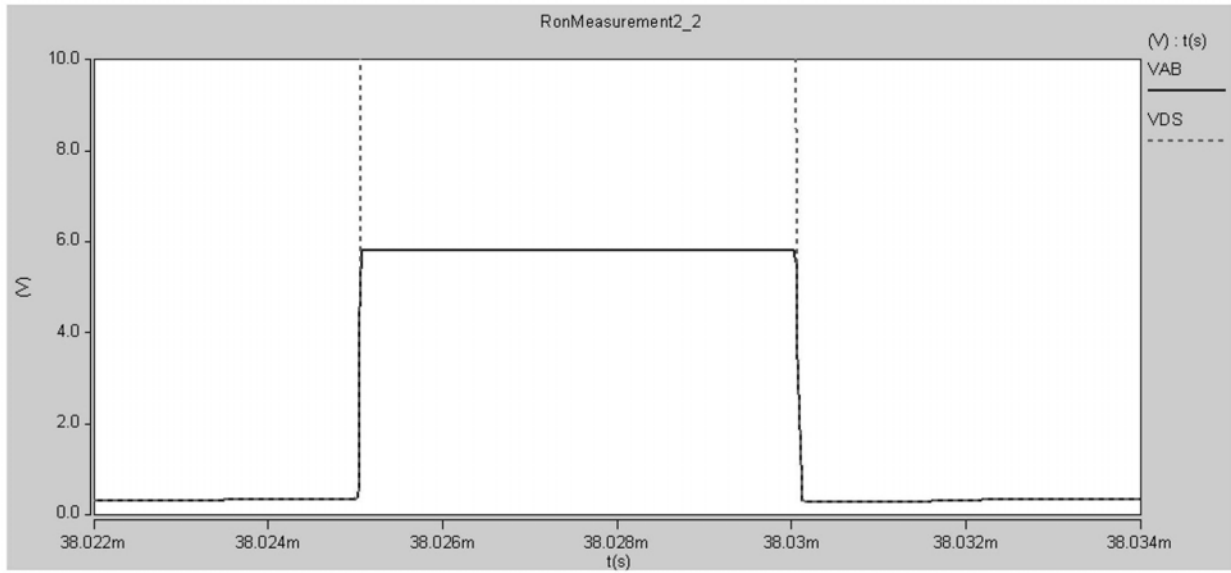


图3 (b)