

PD1550A 系列

用于功率模块的先进动态功率器件分析仪/
双脉冲测试仪 (DPT)

- 无需自行构建、测试、认证和维护系统
- VDS / VCE 高达 1360 V, ID / IC 高达 2000 A
- 可表征 650 V、1.2 kV 和 1.7 kV 额定电压的功率模块
- 使用真实脉冲隔离探头技术准确测试 VGS 高压侧特性
- 借助大带宽射频补偿进行准确的大电流测量
- 具有快速转换速率的高带宽测量探头
- 接口板采用了免焊接头和可更换的栅极电阻技术

实现对宽带隙半导体功率模块的可重复和可靠表征



目录

引言	3
动态功率转换器设计挑战.....	9
动态功率器件表征.....	10
可重复的可靠测量.....	12
PD1550A 概述和基本操作	13
测试参数	15

引言

功率模块由于设计简单且具有高能量密度和高可靠性，在电动汽车 (EV) 功率转换器、太阳能逆变器、列车、家用电器和飞机等各种应用中得到广泛使用。设计人员现在还开始使用基于宽带隙 (WBG) 器件的新型功率模块，目的是充分发挥这种器件开关速度快的优势，同时缩小电力电子模块的尺寸并确保效率。但是，WBG 功率模块也带来了很大的测试挑战，业界需要找到新解决方案来正确表征这些器件，同时避免原型设计出错，缩短设计周期。

电力电子工程师和功率模块制造商要想设计高效、可靠的小尺寸功率转换器，就必须对功率模块进行准确评测。在评测功率模块（尤其是包含 WBG 器件的功率模块）时，工程师需要克服许多难题。

功率模块测试挑战

高功率密度：功率模块采用了多个场效应晶体管 (FET) 芯片增加电流，功率密度通常比离散功率器件更高。某些 EV 应用则使用了碳化硅 (SiC) 器件来提高电压并缩短充电时间，所以需要 400 A 这样的大电流。因此，WBG 功率模块测试必须能够测试大电流和大带宽。

高压侧器件测量：大多数电力电子应用都要求采用半桥结构作为逆变器和转换器的基础。不同的应用会分别采用二合一、四合一或六合一功率模块配置。二合一配置为半桥结构，四合一配置通常为 H 桥结构，六合一配置可用于三相功率转换器。对于 TO-247 封装这样的离散功率器件，我们可以将单个器件放到 DPT 测试系统的低压侧来进行评测。但是，低压侧和高压侧的器件都需要进行测量，才能表征半桥模块。我们不能假设高压侧器件与低压侧器件的特性完全相同。在半桥配置中，半桥切换时会产生较大电压摆动，高压侧器件源极与低压侧器件漏极间的结处的电压电位会随之发生动态变化。因此，对高压侧的 FET 进行测量就相当具有挑战性，尤其是在栅极电压较小的时候。在测量的参考电压（即源极）以高转换速率进行几百伏的上下切换时，我们除非采用高共模抑制 (CMR) 探测技术，否则很难对 10 V 至 20 V 的栅极电压进行测量。

探头带宽和噪声：在测量高压侧 V_{gs} 时，业界一般认为高 CMR 是确保准确测量的唯一必要参数。然而，探头的带宽和噪声技术指标对测量准确度也有极大影响。

非标准外形：功率模块有多种外形。新兴 WBG 器件的外形甚至更加多变，因为它们的功率密度更高，让模块可以设计得更紧凑。在评测功率模块时，我们需要仔细设计测试电路板版图。DPT 板通常集成了几乎所有的元器件，例如与功率模块的连接、栅极驱动器、去耦电容器、电流测量器件等。功率模块通常焊接到测试电路板上，从而尽量减少杂散电感。然而，功率模块的焊接和拆焊都会导致评测耗时，效率降低。

在实际工作温度下进行测试：为了解功率模块的动态特性，必须进行温度相关测量，因为应用通常需要适应恶劣的环境，例如炎热的沙漠、潮湿的热带森林或冰天雪地的极寒环境。在这样的温度条件下使用恒温舱测试功率模块并非易事，尤其是对动态表征而言。

当前还没有恰当的解决方案：业内的许多研发工程师要么使用老旧的生产型动态功率模块测试仪来测试硅 (Si) 功率器件，要么使用自行定制的测试系统，其中包含了函数发生器、电源、示波器、探头和定制的 DPT 板。前一种解决方案提供了 DPT 功能，但不适合用于对较快的 WBG 器件进行详细评测。此外，这些系统通常需要通过繁琐的编程来设置和执行测试，因此测试流程可能效率低下且比较繁琐。这就导致我们很难应用各种测试条件对功率模块进行综合分析。购买和维护这类生产型系统的成本也比较高。后一种解决方案通常无法提供可重复的结果，在易用性、安全性以及与其他内部测试系统的相关性方面也有欠缺。未来的 DPT 系统设计会进行改进，创建不同版本的 DPT 测试系统，但这会导致测试结果不一致，支持和维护问题增多。

用于功率模块的 PD1550A DPT 可以帮助我们 减少电路板迭代和原型设计次数，加快产品上市

PD1550A 是一个现成的测量解决方案，可以对基于 WBG 半导体器件的功率模块进行可靠、可重复的测量。该平台不仅可以确保用户的安全性，还能够保护系统的测量硬件。

Keysight PD1500A 功率器件动态分析仪/双脉冲测试仪于 2019 年推出，是是德科技第一款用于离散 WBG 功率器件表征的完整解决方案，现已被世界各地的功率转换器设计人员和功率半导体制造商广为采用。PD1550A 在 PD1500A 的基础上提供了更多功能，成为是德科技第一个能够测试功率模块（高达 1360 V / 2000 A）的完整解决方案。汽车原始设备制造商 (OEM)、一级供应商和功率转换器设计人员因此可以充分了解功率模块的特性，为汽车应用设计安全可靠的电源电路。

接下来介绍几个关键特性，它们可以解决前面提到过的功率模块测试难题。

高功率密度：电流容量从 200 A 增加到 2000 A，同时仍使用同轴分流器作为电流传感器来进行大带宽电流测量。

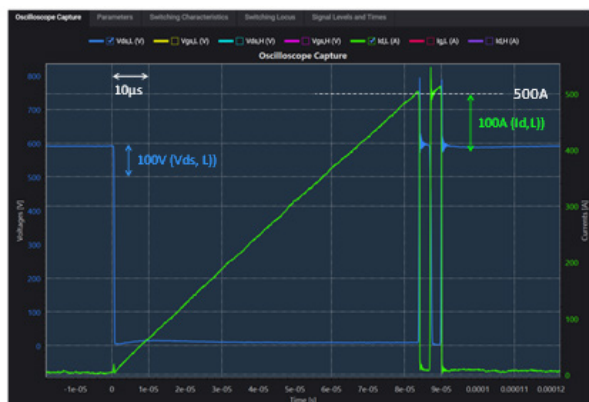


图 1. SiC 功率模块测试结果 (ID > 500 A)

高压侧器件测量：新开发的“真实脉冲隔离探测技术”攻克了测试高压侧器件上的栅极电压特性这一难关。专门设计的探测系统与其他探头完全隔离，可以对半桥配置功率模块中的高压侧器件进行准确的 Vgs 测量（图 2）。我们从图中可以看出，与市售的光学隔离探头（金色波形）相比，新开发的“真实脉冲隔离探头”具有足够的 CMR 和卓越的噪声性能（蓝色波形）。

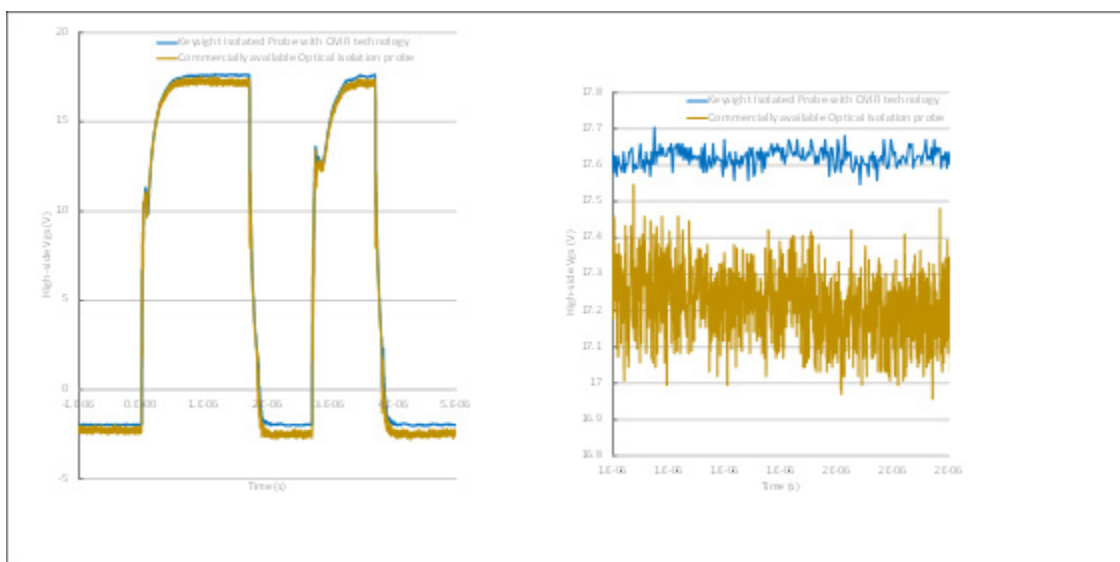


图 2. 高压侧 Vgs 测量结果对比

探头带宽和噪声：根据电流大小和所需的准确度，用户可以选择连接 5 mΩ 或 50 mΩ 同轴分流电阻器。每个分流器都经过表征，让频率响应平坦到指定带宽。为每个分流器提供射频补偿数据，并将这些数据应用于原始测量数据，通过消除分流器多余的带宽波动而得出准确的结果。图 1 展示了使用新 PD1550A 测得的 ID > 500 A 的测试结果示例。图 3 展示了射频补偿的效果，无论使用的分流电阻器带宽是多少，它都能让波形保持准确且一致。

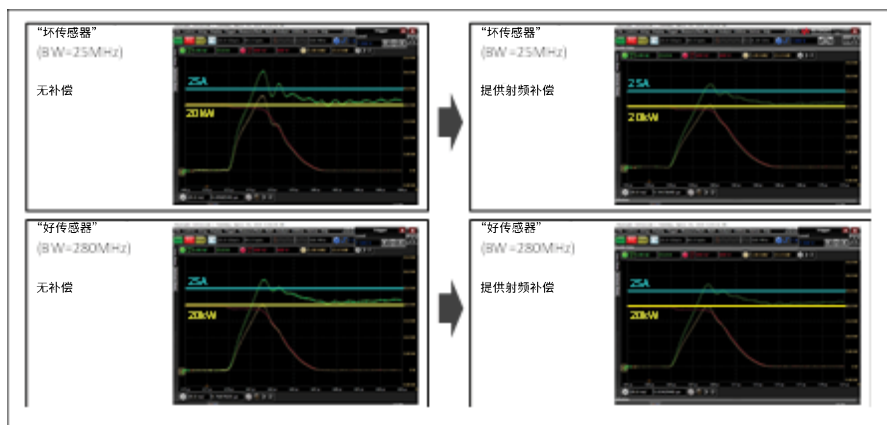


图 3. 射频补偿对漏极电流的影响

非标准外形：连接功率模块的接口板是唯一需要根据功率模块版图进行定制的元器件。是德科技应用专家可以提供全面的设计服务来帮助客户定制电路板。图 4 展示了一个接口板示例。这样的定制电路板采用了无需焊接即可轻松将电路板连接到功率模块的技术，使电路板可重复用于多个被测器件，同时形成类似焊接的连接。栅极电阻器 (R_g) 是表征功率模块的一个重要元器件。每个栅极电阻器模块都有一个 EEPROM，其中包含电阻值。PD1000A 控制软件可自动识别电阻值并使用该值进行测试。EEPROM 也用于其他 DPT 元器件，例如接口板和栅极驱动器板，从而减少操作员出错的可能性并进一步提高系统的可靠性。



图 4. 被测器件接口板和栅极电阻器模块

在实际工作温度下进行测试：PD1550A 支持两种类型的热管理方法。第一种方法是热板，它允许的温度范围是室温到 200 °C。第二种方法是使用 ThermoStream[®]，它可以在低至 -40 °C 的寒冷环境以及高达 200 °C 的高温环境下进行测量。热测试设备由系统软件自动控制，因此可以轻松获得温度相关特性。

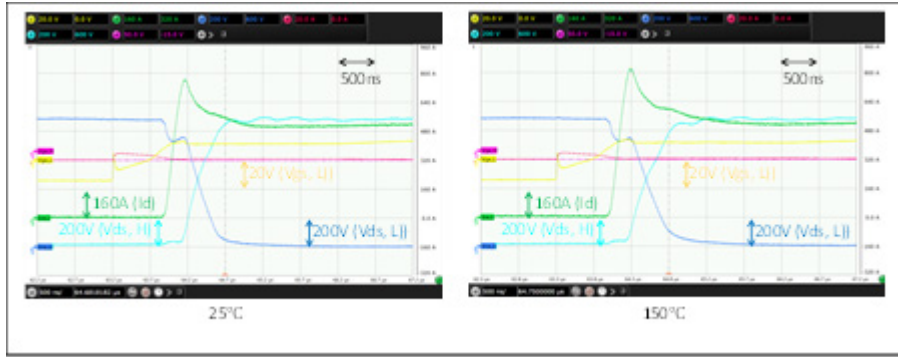


图 5. IGBT 功率模块测试结果示例 (25 °C 和 150 °C)

当前还没有恰当的解决方案：除了能够解决之前提出的所有难题之外，Keysight PD1550A 还符合 CSA、CE 和 KCC 等国际安全规程，确保您可以安全地测试器件。

双脉冲测试概述：成熟的和新兴的测量方法

全面表征基于 SiC 的 WBG 功率模块器件需要同时执行静态和动态测量。Keysight B1505A 和 B1506A 功率器件分析仪在静态测量方面表现优异。PD1500A 和新型 PD1550A 能够灵活地执行各种动态测量，并满足 JEDEC 标准演进方面的要求，从而分别为打造离散器件和功率模块做出重要贡献。

静态测量：下列参数通常用于表现功率器件的静态特性：

- 输出特性
- 导通电阻
- 阈值电压
- 跨导
- 结点、输入、输出与反向转移电容
- 击穿电压
- 栅极电荷

静态测量：功率器件分析仪

在静态测量领域，是德科技是名副其实的行业领导者，其首选解决方案便是 B1505A 和 B1506A 功率器件分析仪。

B1505A 为开发人员提供了广泛而深入的测量功能，帮助他们创建新型半导体器件。

B1506A 为产品设计人员提供了一系列更常用的核心测试功能，帮助他们评测电源模块中使用的半导体器件。

www.keysight.com/find/B1505A

www.keysight.com/find/B1506A

动态测量：随着 JEDEC 继续定义 WBG 器件的动态测试，某些标准化测试开始出现。DPT 确定了这些关键性能参数：

- 开通特性
- 动态导通电阻
- 开关特性
- 栅极电荷
- 关断特性
- 动态电流和电压
- 反向恢复
- 推导出的输出特性

耐用性测试 (PD1550A 上即将推出)：由于 WBG 器件在高压、高温条件下工作，因此必须测试其耐用性。通过短路测试与雪崩测试所确定的关键测量包括：

- 短路导通时间
- 短路能量
- 雪崩能量

动态功率转换器设计挑战

半导体和电源工程团队正处于一个进退两难的境地。市场迫使他们快速开发并交付可靠的产品，但同时需要克服技术不断变化、在危险的测试环境下难以进行可靠测量等难题。在市面上缺乏现成的商用表征解决方案的情况下，大多数工程团队不得不自行开发解决方案。这些工程团队所面临的主要挑战如下：

- 提升效率导致需要更高频率的开关转换器。无论是进行功率半导体的表征，还是在功率转换器的设计中对其进行建模和仿真，高频能量都是一个必须慎重考虑的因素。这种额外的复杂性为传统的电源设计人员带来了挑战。
- 更高的频率和更大的功率都会影响测量的可靠性。所测得的信号是器件本身的特性还是测量系统的寄生特性通常很难区分。
- 在更高电压 ($> 1000\text{ V}$) 和更大电流 ($> 100\text{ A}$) 的条件下工作，会导致测试环境更加危险。与这些蕴藏致命危险的电力系统打交道，设计和测试工程师需要采用额外的预防措施。
- 目前，WBG 半导体的制造工艺仍有待完善，并且也不像硅基半导体那样得到很深入的研究。其结果就是，可靠性并未得到充分证实，因此许多设计人员很难将 WBG 器件用到他们的设计中。尽管如此，某些设计人员还是尝试将这些新器件用于某些关键任务型应用中，例如可再生能源和电动汽车。
- 表征与测试标准正在开发中，并且很快就会促使测试 WBG 器件的通用方法出现。

由于面临上述挑战，WBG 器件制造商一直在想方设法，希望始终如一地表征其器件。技术资料通常会提供一些比特定应用的范围（例如温度）定义更狭窄的技术指标。这些技术指标通常为典型值，无法得到保证。因此，功率转换器设计人员通常最终会自行表征半导体，获得比制造商所提供的技术指标更详细的信息。显然，要想对功率半导体及其相应的转换器设计进行表征、建模和仿真，需要新的方法。



JC-70 宽带隙功率电子转换半导体

JEDEC 标准委员会认识到需要为功率半导体行业制定 WBG 标准。

2017 年 9 月，JC-70 宽带隙电力电子转换半导体委员会成立，并下设 GaN JC-70.1 和 SiC JC-70.2 两个小组委员会。

每个小组委员会再下设三个任务组，分别负责开发可靠性与认证流程，制作元件和参数技术资料，以及研究测试与表征方法。是德科技积极参与了这些标准的开发工作。

动态功率器件表征

随着各个 JEDEC 委员会致力于推动 WBG 器件表征的标准化，DPT 方法已成为确定功率半导体性能参数的标杆。

DPT 操作

该测量步骤如下：

- 闭合 S1，使高压电源向 C1（直流支撑电容器）和 C2（去耦电容器）充电。
- 打开 S1，T2 开通，使 C1 可以向电感器 L 充电。使用脉冲长度确定 I_D 的阈值。
- T2 随后关断，此时可以确定 T2 的关断特性。T1 中的续流二极管会保持 I_D 。
- T2 再次开通，此时可以确定 T2 的开通特性。

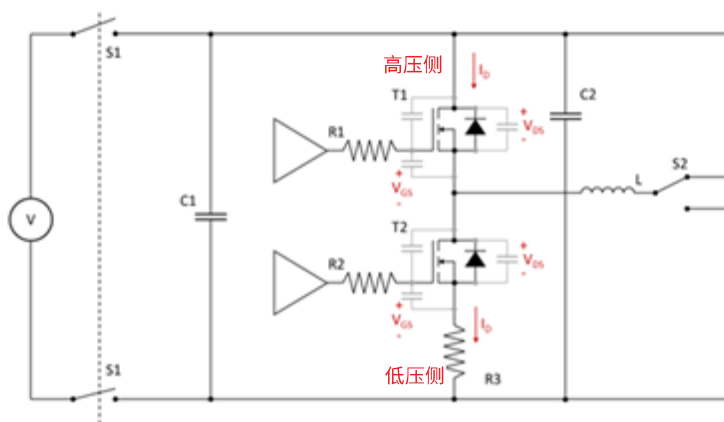


图 6. 基本 DPT 装置

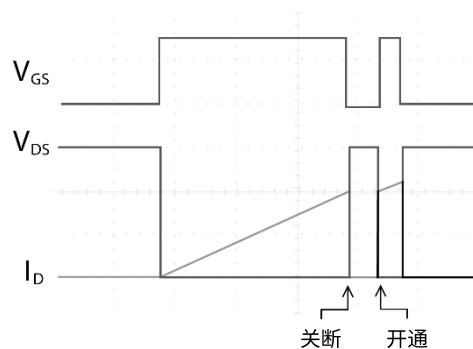


图 7. 基础 DPT 波形，低压侧

DPT 参数——低压侧

组	参数	描述	相关标准
开通特性	$t_{d(on)}$ 、 t_r 、 t_{on} 、 $e_{(on)}$ 、 dv/dt 、 di/dt	表征晶体管的开通速度、最大 di/dt 以及由此导致的能量损失。对开关损耗特性有影响。	FET – IEC 60747-8 IGBT – 60747-9
关断特性	$t_{d(off)}$ 、 t_r 、 t_{off} 、 $e_{(off)}$ 、 dv/dt 、 di/dt	表征晶体管的关断速度、最大 di/dt 以及由此导致的能量损失。对开关损耗特性有影响。	FET – IEC 60747-8 IGBT – 60747-9
开关特性	I_d 与 t 、 V_{ds} 与 t 、 V_{gs} 与 t 、 I_g 与 t 、钳位 V_{ds} 与 t 、 e vs. t 、 I_d 与 V_{ds} (开关自动定位)	这些时基参数是直接从未波器获取的波形。 I_d 与 V_{ds} (开关自动定位) 是从波形推导出的。	
反向恢复	t_{rr} 、 Q_{rr} 、 E_{rr} 、 I_{rr} 、 I_d 与 t	表征垂直 FET 中的体二极管的反向恢复。提供关于晶体管通断切换速度的额外计时信息。	IEC 60747-8 JESD 24-10
栅极电荷	V_g 与 Q_g 、 $(Q_{gs(th)}$ 、 $Q_{gs(pl)}$ 、 Q_{gd})	栅极电压和栅极电流在双脉冲导通工作期间测得。栅极电荷在不同的栅极电压跳变期间表征。晶体管的驱动损耗根据该参数来确定。	JESD 24-10
推导出的输出特性	I_d 与 V_g 、 I_d 与 V_d	提供半导体的基本传输特性。	

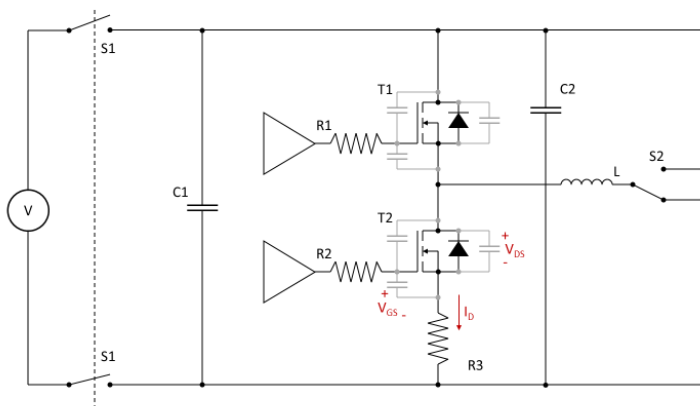


图 8. 基本反向恢复测试配置 (T2 体二极管——被测器件)

使用双脉冲还可以测量反向恢复，不过负载电感器现在通过 T2 来切换，由 T1 向电感器充电。在 T1 关断后，T2 中的体二极管导通。当 T1 再次开通后，此时可以测量 T2 的反向恢复。

可重复的可靠测量

常见的测量方法

Keysight PD1550A 可以使用许多常见的测量方法。通过补偿无源探头并根据建议调整差分探头的偏移，可以消除一些衰减探头的误差。在夹具中布置 DPT 装置时，要特别注意最大限度降低寄生电容和电感。为了关联每个测量探头的时序，还应实施偏移校正。

AutoCal (自动校准)

每个示波器通道/探头的增益和偏置误差通常会导致 DPT 波形出现误差，从而影响提取的参数。PD1550A 采用了自动校准技术，使用业界闻名的高准确度内置系统电压标准件来测量和表征每个示波器通道。另外还对增益和偏置进行补偿，以提供更准确和可重复的 DPT 波形。

电流分流补偿

当前的分流器可能带宽较小，并且各分流器之间的性能不一致。是德科技用网络分析仪对一种常见的同轴分流器进行了表征，发现其带宽变化很大，最小只有大约 25 MHz，最大甚至达到 300 MHz。这种变化极大影响了高速 WBG 功率器件的动态测试。每个 PD1550A 系统均配有经过预先补偿的分流器，用于执行 ID / IC 测量。该补偿将分流器传递函数的反函数应用于所测量的输出信号，以使所关注带宽上的响应变平坦。这种方法提高了 ID / IC 测量的准确度，从而可以更准确地提取 DPT 参数。

安全的测试环境

在测试功率半导体时，您的安全至关重要。是德科技在 PD1550A 中设计了多种安全功能，确保您安然无恙。测试环境位于测试系统机柜内，以免用户受到高压影响。当通电电压 > 42V 时，防护门会锁定，红灯亮起。

为了增强防护，PD1550A 还提供一个紧急关闭 (EMO) 按钮，一旦按下便可断开高压电路。

可扩展的功率器件平台

PD1550A 在最初推出时主要用于对 IGBT 和 SiC 功率模块进行 DPT 等性能测试。不过，PD1550A 平台在开发之初就采用了模块化的设计思想，因此可以随着需求和标准的发展而扩展功能。

增强未来实施计划

在未来的平台中计划增加耐用性测试（短路和雪崩）。随着 JEDEC JC-70 标准的演进，我们将继续增强这个表征测试套件。

PD1550A 概述和基本操作

PD1550A 采用模块化设计，可以在不同的功率电平下对基于 SiC 或 IGBT 的各种功率模块进行测试，以及执行表征测试（DPT、反向恢复、栅极电荷）和耐用性测试（短路、雪崩；此功能即将推出）。初始系统针对功率模块提供了完整的 DPT 表征和参数提取功能，可以支持 1.36 kV 和 2000 A 的最大功率操作。

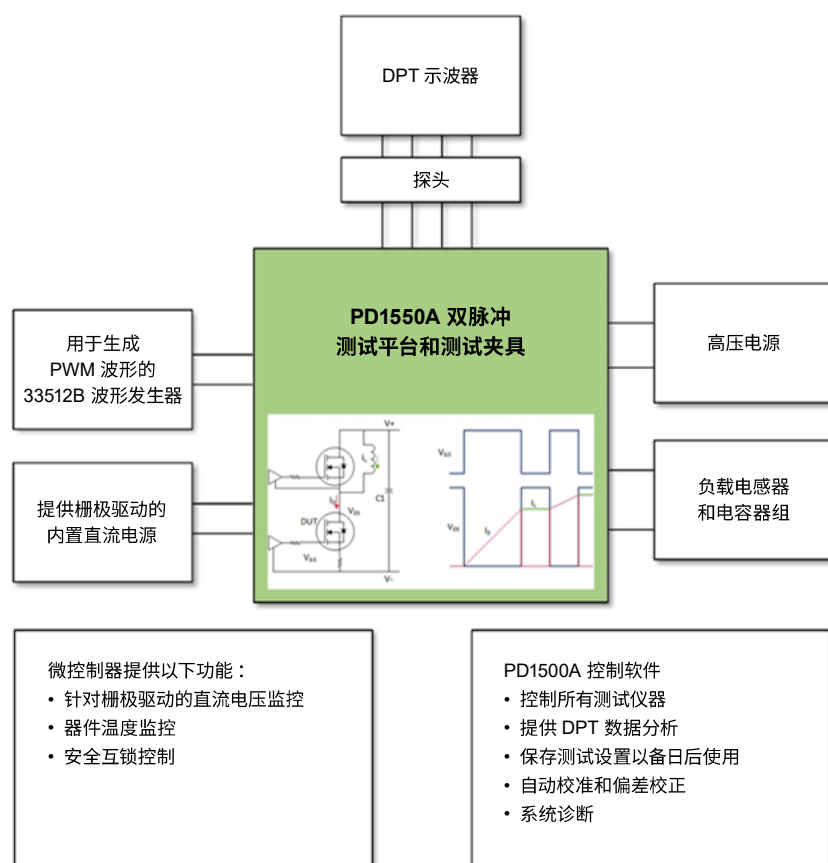


图 9. PD1550A 方框图

模块接口板、夹具

标配 PD1550A 接口板可用于将 62 毫米或 FM3 功率模块封装连接到系统。用于偏移校正和自动校准 (AutoCal) 的连接已经准备好，随时可以使用。系统将扩展到适合直流链路电容器和负载电感器的大小。如果这些标准配置能满足您的需求，是德科技可以直接与您合作，帮助您设计出符合自身特定技术指标要求的接口板。

用户配置、控制与分析

PD1550A 通过一个简单灵活的图形用户界面进行控制。它提供测试设置、执行、DPT 显示和数据记录等功能。原始波形和提取的参数均可从本地数据库获得。下面显示了一个简单的半自动序列。

1. 采用无焊接连接技术将被测器件连接到相应的接口板上
2. 连接加热板和热电偶（如果使用）
3. 将探头连接到接口板
4. 在控制软件中设置测试参数
5. 按“开始”
6. 对于反向恢复二极管测试或其他测试，重复第 3 步和第 4 步操作

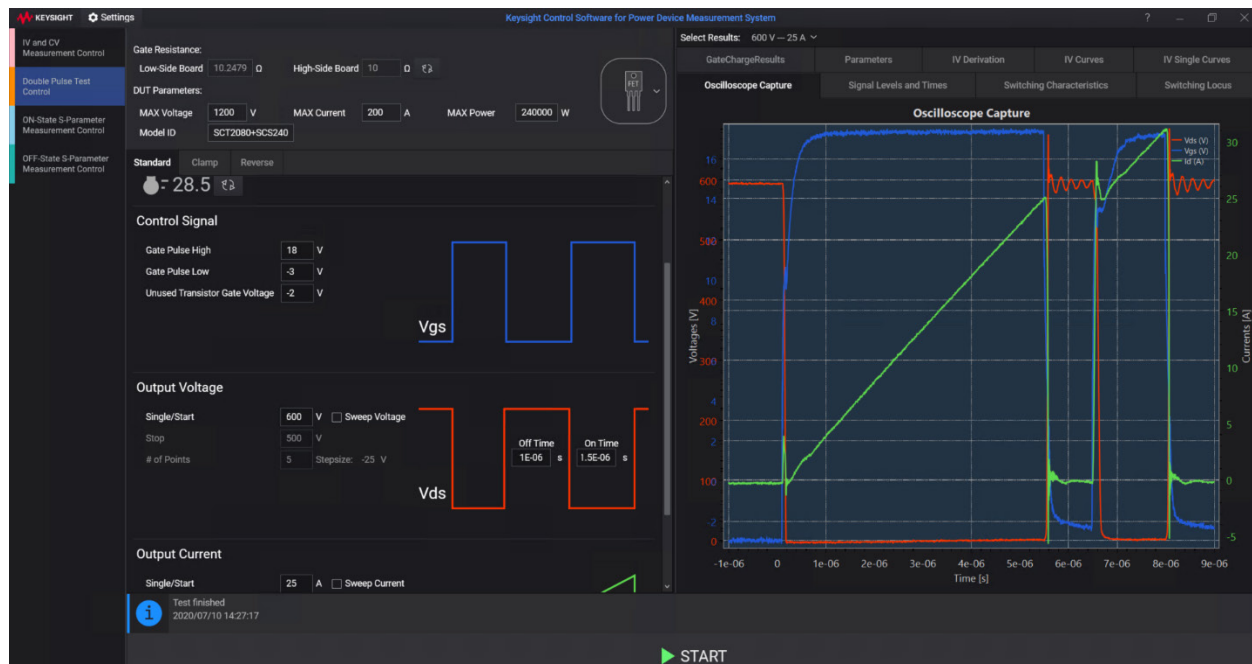


图 10. PD1000A 控制软件中的 PD1550A 用户界面示例

测试参数^{1、2}

测试	参数/特性	符号
双脉冲测试/夹具	开通时延	td(on)
	关断时延	td(off)
	上升时间	tr
	下降时间	tf
	开通时间	ton
	关断时间	toff
	开通能量	e(on)
	关断能量	e(off)
	di/dt	di/dt
	dv/dt	dv/dt
	导通电阻	Rds(on)
	开关特性	Id 与 t
		Vds 与 t
		Vgs 与 t
		Ig 与 t
		e 与 t
	开关自动定位	Id vs. Vds ³
反向恢复	反向恢复电流上升时间	ta
	反向恢复电流下降时间	tb
	反向恢复时间	ttr = ta + tb
	反向恢复电荷	Qrr
	反向恢复能量	Err
	最大反向恢复电流	Irr
	反向恢复电流特性	Id 与 t
栅极电荷 ⁴	总栅极电荷	Qg
	栅极电荷阈值	Qgs(th)
	稳定的栅极电荷	Qgs(pl)
	栅漏电荷	Qgd
	栅极电荷曲线	Vgs 与 t
多种测试	推导出的输出特性	Id 与 Vd ³

¹ 基于 IEC 60747 和 JESD24 等标准；PD1000A 软件可提供其他标准方法。

² 关断时间较长会导致电感器电流损耗过大，从而限制参数提取操作。

³ 特性的质量取决于所测得开关特性的清洁度。

⁴ 栅极电荷参数提取需要监测栅极电流。栅极电荷参数的质量取决于所测曲线的平滑度。推荐使用高栅极电阻（例如 $\geq 100 \Omega$ ）。

技术指标

类别	类型			项目	技术指标
电气	一般特性			采样率	16 GSa/s
				采样准确度	8 ppb + 75 ppb/年
				偏移校正准确度	200 ps (典型值)
	漏极/集电极通道	直流	电源	最高电压	1360 V ⁵
				最低电压	300 V, 500 V ⁶
				最大电流	2000 A ⁷
				最小电流	50 A ⁸
				电压编程分辨率	23 mV
		测量		电压准确度	量程的 2% (典型值)
				电流准确度	量程的 4% (典型值)
		交流	测量	电压探头带宽	400 MHz
				分流器带宽 (补偿后)	200 MHz (典型值)
				电压跳变时间	< 10 ns (取决于被测器件响应 Rg)
	栅极	直流	电源	高电平最高/最低电压	28 V / 0 V
				低电平最高/最低电压	0 V / -28 V
				电压分辨率	<0.1 V (典型值)
				最大电流	10 A (接收机和电源)
		测量		电压准确度	量程的 2% (典型值)
				电流准确度	量程的 4% (典型值)
		交流	电源	计时分辨率/准确度	100 ps / 200 ps
				第一脉宽典型值	10 至 200 μs
				最小脉宽 (第一脉宽)	1 μs ⁹
				第一脉冲和第二脉冲之间的最长关断时间	25 μs ¹⁰
				第一脉冲和第二脉冲之间的最短关断时间	1 μs ⁹
				最大脉宽 (第二脉冲)	25 μs ¹¹
				最小脉宽 (第二脉冲)	1 μs ⁹
		测量		电压探头带宽	200 MHz
				电流探头带宽	200 MHz

⁵ 最大供电电压 1.36 kV；能够表征额定电压为 650 V、1.2 kV 和 1.7 kV 的器件

⁶ 这些是最低电压；在 300 V，系统电流可达 1000 A；在 500 V，系统电流可达 2000 A

⁷ 第一个脉冲的电流，第二个脉冲的电流不能超过 2100 A

⁸ 电流值越小，准确度就越低

⁹ 可能出现较小值，但我们不建议使用这个值也未对此进行测试

¹⁰ 关断时间过长会导致电感器电流损耗巨大，从而限制参数提取操作

¹¹ 必须选择第二脉宽，以便不超过最大系统电流

类别	类型		项目	技术指标	
电气	模块化元器件		负载电感器（典型值）	25、100 和 600 μH	
			直流支撑电容器（典型值）	待定	
被测器件	功率模块		MOSFET、IGBT		
			硅和 SiC		
			62 毫米模块，定制 ¹²		
系统	机械	安全外壳	尺寸——不含信号灯	125 cm（宽）x 103 cm（深）x 174 cm（高）	
			尺寸——含信号灯	125 cm（宽）x 103 cm（深）x 205 cm（高）	
			重量——整套系统	约 324 千克	
	环境		工作温度	20 °C 至 30 °C	
			工作湿度	50 % 至 70 % 相对湿度，无冷凝	
			工作海拔高度	高达 2000 米	
			预热时间	1 小时	
			储存温度	0 至 40 °C	
			线路电源	电压	200 V 至 240 V，± 10% 50/60 Hz
				功耗（典型值）	待定 ¹³
	功耗（最大值）	2.7 kW			
	保护与安全性		紧急关闭开关（EMO）		
			示波器保护（钳位输出）	±15 V（典型值）	
	安全罩		系统中的最大能量	待定	
			锁定	> 42 V ¹⁴ （典型值）	
			开盖检测	高压断开； 直流支撑电容器放电	
			过温关闭	> 50 °C（典型值）	
	接口	LAN			10/100/1000 Base-T 以太网

¹² 如需定制模块，请联系是德科技

¹³ 不含加热器/加热器-散热器附件

¹⁴ 当系统中的电压超过 42 V 时，安全罩无法打开

订货方式

如何订购 PD1550A 先进动态功率器件分析仪/双脉冲测试仪

PD1550A 核心系统（需要 1 个）

PD1550A 核心系统包含执行动态/双脉冲测试所必需的全部设备。参见下表：

PD1550A 核心系统
1 台 DPT 示波器及附件
1 个示波器保护探头
1 个 1.2 kV 高压电源及附件
1 台 DPT 函数发生器及附件
1 个自动校准基础套件
1 个 DPT 机架和安全外壳以及附件
1 个升降台

夹具选件（需要 1 个）

选件	描述
MOD	功率模块测试套件，2000 A

DPT 接口板（需要 1 个）

选择与被测模块相匹配的 DPT 接口板。将被测器件安装到 DPT 夹具上时需要。如需定制接口板，请联系是德科技。

选件	描述
I01	DPT 接口板，62 毫米模块
I02	DPT 接口板，62 毫米模块，配有去耦电容器
I03	DPT 接口板，FM3 半桥模块，配有去耦电容器

栅极电阻器板（需要 1 个；每组 2 个）

至少选择一个栅极电阻器板（2 个一组）。栅极电阻器板插入栅极驱动器板。

选件	描述
G01	栅极电阻器，空
G02	栅极电阻，0 Ω
G03	栅极电阻，1 Ω
G04	栅极电阻，2.2 Ω
G05	栅极电阻，4.7 Ω
G06	栅极电阻，10 Ω
G07	栅极电阻，22 Ω
G08	栅极电阻，100 Ω
G09	栅极电阻，400 Ω

栅极驱动器板（需要 1 个；高低对）

需要，用于驱动功率模块的栅极。

选件	描述
GD1	栅极驱动器板， ± 28 V

较大的升降台（1 个可选）

如果核心系统中包含的升降台不足以容纳功率模块，则需要更大的升降台。

选件	描述
LT2	升降台，长：300 毫米，宽：150 毫米

软件许可证（需要 PD1020A）

许可证	描述
PD1020A	PD1000A 控制软件中的双脉冲测试测量许可证（需要）
PD1021A	PD1000A 控制软件中双脉冲测试测量的离线分析许可证（需要 D9010BSEO）
D9010BSEO	Infiniium Offline——基础软件（需要 PD1021A）

如欲了解更多信息，请访问 www.keysight.com/find/PD1550A。

如欲了解更多信息，请访问：www.keysight.com

如需了解关于是德科技产品、应用和服务的更多信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问：www.keysight.com/find/contactus



此信息如有更改，恕不另行通知。© 是德科技，2022 年，2022 年 5 月 5 日，印于北京，3122-1493.ZHCN