Tektronix®

评估热载流子引导的 MOSFET 衰退

应用文档



KEITHLEY

应用文档系列

Number 2197

评估热载流子引导的 MOSFET 衰退

介绍

随着 MOSFET 栅极长度的减小，热载流子诱发的退化已成为重要的可靠性问题之一。在热载流子效应中，载流子被通道电场加速并被困在氧化物中。这些被捕获的电荷会引起测量器件参数的时间相关位移，例如阈值电压 (V_{TH})、跨导 (G_M) 以及线性 (I_{DLIN}) 和饱和 (I_{DSAT}) 漏极电流。随着时间的推移，可能会发生实质性的器件参数退化，从而导致器件失效。用于测量 HCI 的仪器必须提供以下三个关键功能：

- 自动提取设备参数。
- 创建具有各种应力时间的应力测量序列。
- 轻松导出测量数据进行高级分析。

本应用说明描述了如何在 keithley 4200-SCS(半导体表征系统) 中使用这些关键功能来执行热载流子退化测试。

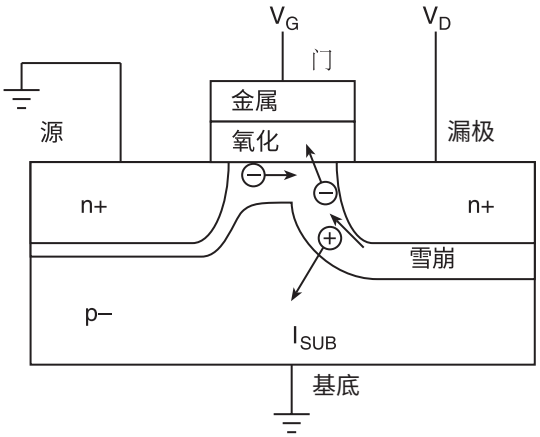


图 1. 漏极雪崩热载体效应

MOSFET 热载流子效应

今天的超大规模集成电路 MOSFET 器件具有极短的通道长度和高电场。在这些高电场中，载流子被加速到高速，在器件漏极附近达到最大动能 (热)。如果载流子能量足够高，就会发生撞击电离 (漏极雪崩热载流子效应)，产生电子 - 空穴对 (**图 1**)。这些空穴和电子可以获得足够的能量来超越 $Si\text{-}SiO_2$ 势垒并被困在栅极氧化物中。被捕获的电荷导致器件退化和衬底电流 (ISUB) 增强。

监测热载流子器件性能

图 2 说明了热载波测试方法。热载流子器件测试时间通常非常长，因此第一步是确定一组优化的应力条件。然后，选择一种新的器件，并确定 V_{TH}、G_M、i、i_{DLIN} 等初始器件参数。然后在指定的应力区间内施加优化后的应力。在每个应力区间之后，再次进行参数测量并确定退化情况。此测试应力循环继续进行，直到满足目标退化或测试时间标准。热载流子寿命由退化与应力时间数据确定。

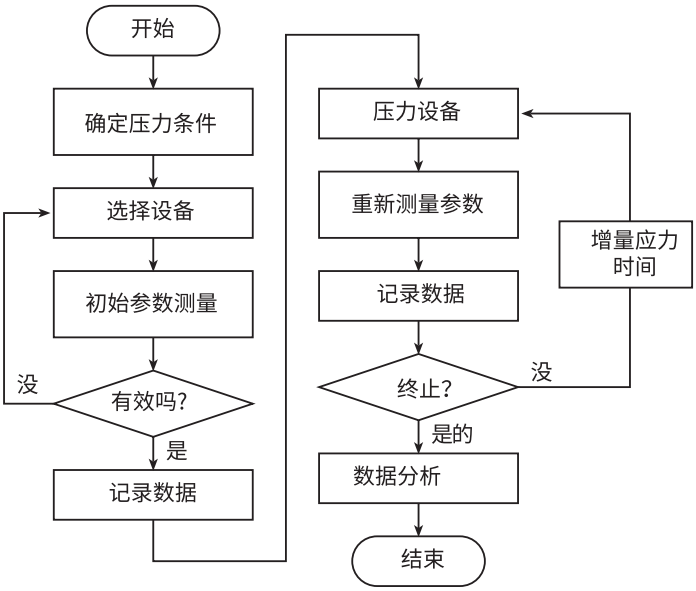


图 2. 热载压力测试流程图

热载波寿命使用 Keithley4200

确定应力条件

在热载流子测试开始之前，必须建立漏极和栅极应力偏置电压。以确保通道热的真实性载波条件下，推荐的最大漏极应力偏置电压小于器件漏源击穿电压的 90%。

在给定漏极应力偏置电压下，栅极应力偏置 (VGstress) 的选择应使热载流子衰退最大化。对于 NMOS 器件，这通常发生在使衬底或体电流 (I_{SUB}) 最大化的栅极偏置 (V_{GATE}) 处。**图 3** 代表了典型的 4200-SCS I_{SUB} vs. V_{GATE} data。在这种情况下，最优的 VGstress 是 1.821V。

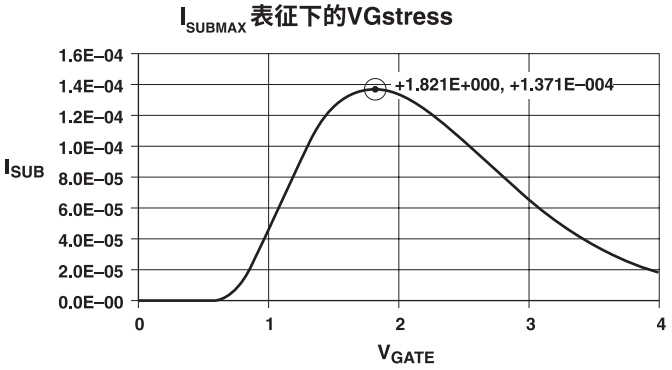


图 3. 定义 VGstress 的典型 4200-SCS I_{SUB} 数据

确定器件参数

热载流子监测参数包括 V_{TH}、G_M、I_{DLIN} 和饱和 I_{DSAT}。这些参数在应力前初步确定，并在每次累积应力时重新确定。I_{DLIN} 是器件偏置在线性区域时测量到的漏极电流，而 I_{DSAT} 是器件偏置在饱和区域时测量到的漏极电流。V_{TH} and G_M 可以用恒流法或外推法确定。在外推法中，由 V_{TH} 的最大斜率确定 I_{DS} Vs. V_{GS} 曲线。

4200-SCS 的公式编辑器大大简化了这些参数的提取。其内置的函数包括 : 用于获取 G_M 的微分函数，用于获取最大 G_M 的 MAX 函数 (gnext)，以及用于提取 V_{TH} 的最小二乘线拟合函数 (Vtext)。**图 4** 展示了 Formulator 的自动数据分析能力。

给器件施加压力

测量完器件参数后，在漏极和栅极应力偏置条件下对器件施加规定时间的应力。累积应力时间通常是对数的，例如 10、30、100、300、1000 等。在每个累积应力时间，再次测量并记录器件参数。

4200-SCS 的内置测试测序器和交互式测试模块 (ITM) 功能大大简化了热载波测试程序的实施。**图 5** 描绘了“项目导航器”窗口中的热载压力测试序列和热载压力测试模块 (hcistres10) 定义标签页。项目导航窗口显示了测试序列，该序列首先对 idlin、idsat 和 vtlin(Thevtlin 模块提取参数

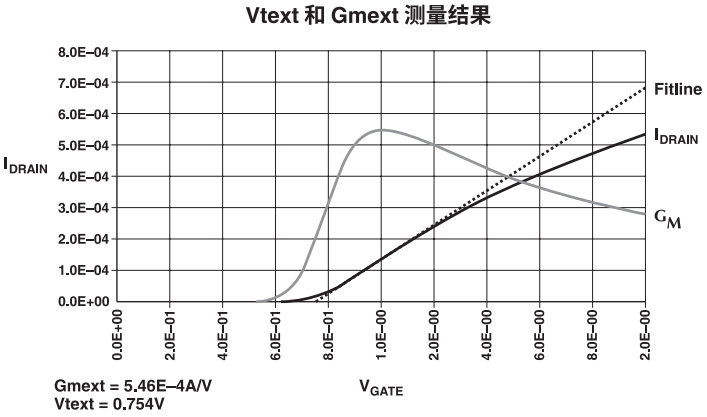


图 4. 典型的 4200-SCS4200-SCS V_{TH} 和 G_M 测量结果

(Vtext 和 gnext)。hcistres10 测试在指定的漏极和栅极应力电压下施加 10 秒应力。应力完成后，再次测量器件参数。此应力测量序列持续进行，直到超过规定的最大应力时间。

hcistres10 测试定义选项卡用于指定应力电压和应力时间。在本例中，栅极和漏极应力条件分别指定为 2.2V 和 5.5V。在时序对话框 (未显示) 中指定应力时间，使用时序命令按钮激活 (见图 5)。在时序对话框中，hcistreses10 测试被设置为采样模式，间隔为 1 秒，采样次数为 10 次。这将提供一个 10 秒的压力。要获得更长的应力时间，只需增加样本数量或采样间隔。

数据分析

当绘制在对数 - 对数图上时，n 通道热载流子退化与时间数据通常表现为线性行为。最小二乘拟合回归分析用于内插或外推热载流子时间到目标寿命。待测器件的寿命 (lifetime) 被定义为特征参数退化量 10%，或者 V_{TH} 相较于初始化状态变化 50mv。

结论

4200-SCS 大大简化了热载流子诱导衰退测定。内置的 4200-SCS 软件工具，如 Project Navigator, Formulator，以及完全兼容的 Excel 数据格式，提供了灵活，快速，易于使用的测试环境。此外，4200-SCS 将这些工具与先进的源测量单元技术，为具有挑战性的设备可靠性和特性要求创造理想的测试环境。

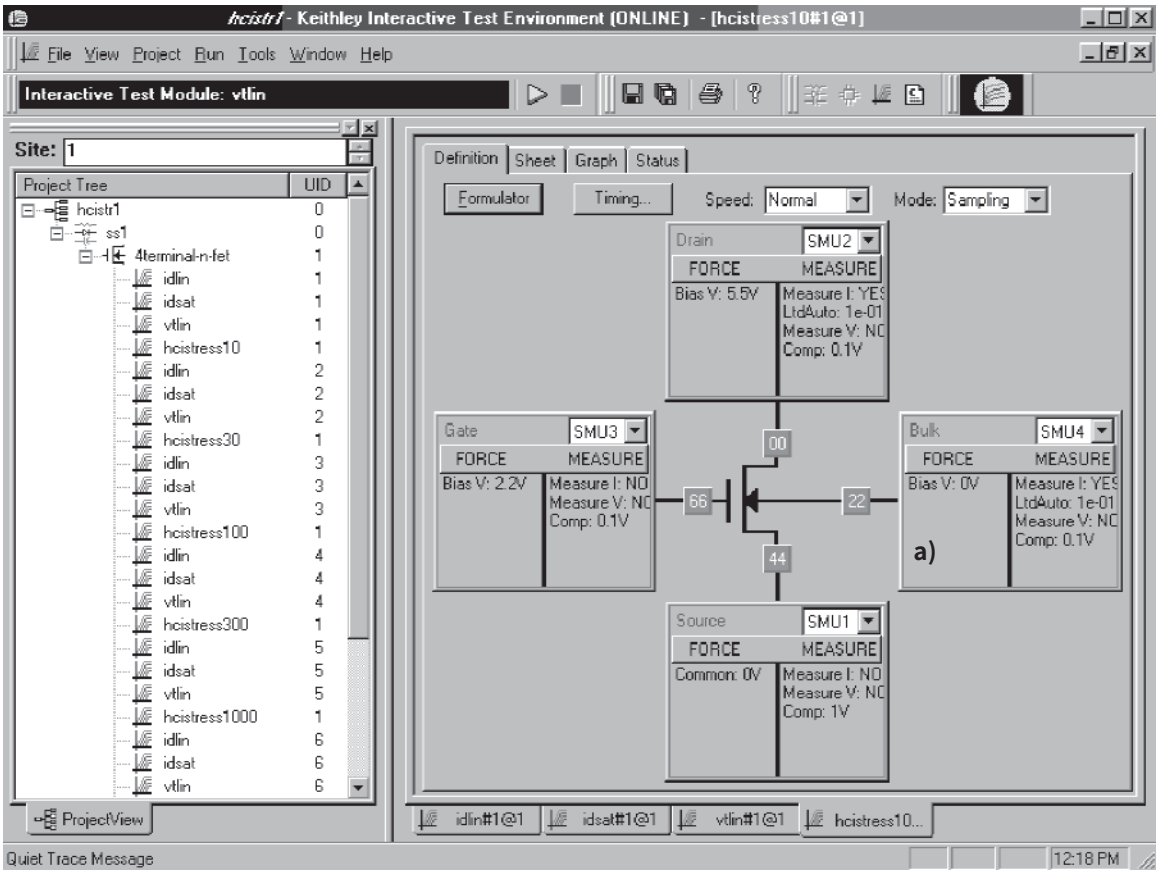


图 5. 热载体项目测试序列和 hcistress10 测试

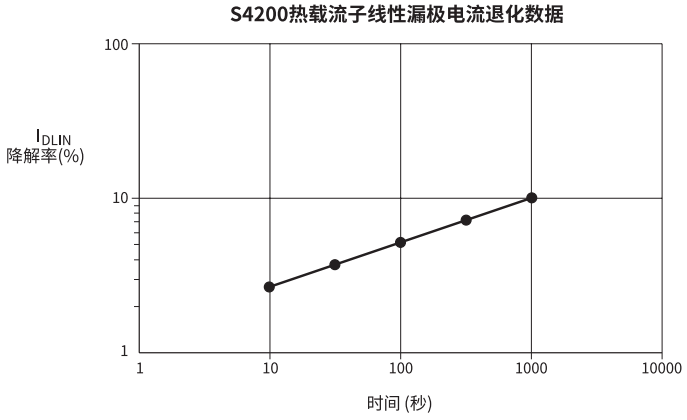


图 6. 在 Microsoft Excel 中分析的 4200-SCS 热载流子线性漏极电流退化数据

参考

EIA/JESD28。jc-14.2 委员会。1995 年 8 月。《测量 n 沟道 MOSFET 热载流子诱导的程序》在直流应力下最大衬底电流下的退化。

Specifications are subject to change without notice.

All Keithley trademarks and trade names are the property of Keithley Instruments, Inc.
All other trademarks and trade names are the property of their respective companies.

KEITHLEY

Keithley Instruments, Inc. • 28775 Aurora Road • Cleveland, Ohio 44139 • 440-248-0400 • Fax: 440-248-6168 • www.keithley.com

BELGIUM:	**Keithley Instruments B.V.**	Bergensesteenweg 709 • B-1600 Sint-Pieters-Leeuw • 02/363 00 40 • Fax: 02/363 00 64
CHINA:	**Keithley Instruments China**	Yuan Chen Xin Building, Room 705 • 12 Yumin Road, Dewai, Madian • Beijing 100029 • 8610-62022886 • Fax: 8610-62022892
FRANCE:	**Keithley Instruments Sarl**	B.P. 60 • 3, allée des Garays • 91122 Palaiseau Cédex • 01 64 53 20 20 • Fax: 01 60 11 77 26
GERMANY:	**Keithley Instruments GmbH**	Landsberger Strasse 65 • D-82110 Germering • 089/84 93 07-40 • Fax: 089/84 93 07-34
GREAT BRITAIN:	**Keithley Instruments Ltd**	The Minster • 58 Portman Road • Reading, Berkshire RG30 1EA • 0118-9 57 56 66 • Fax: 0118-9 59 64 69
INDIA:	**Keithley Instruments GmbH**	Flat 2B, WILOCRISSA • 14, Rest House Crescent • Bangalore 560 001 • 91-80-509-1320/21 • Fax: 91-80-509-1322
ITALY:	**Keithley Instruments s.r.l.**	Viale S. Gimignano, 38 • 20146 Milano • 02/48 30 30 08 • Fax: 02/48 30 22 74
NETHERLANDS:	**Keithley Instruments B.V.**	Postbus 559 • 4200 AN Gorinchem • 0183-635333 • Fax: 0183-630821
SWITZERLAND:	**Keithley Instruments SA**	Kriesbachstrasse 4 • 8600 Dübendorf • 01-821 94 44 • Fax: 01-820 30 81
TAIWAN:	**Keithley Instruments Taiwan**	1 Fl. 85 Po Ai Street • Hsinchu, Taiwan, R.O.C. • 886-3572-9077• Fax: 886-3572-9031

© Copyright 2000 Keithley Instruments, Inc.
Printed in the U.S.A.

No. 2197
010010KAP