

# 650 V GaN FET技术可提供出色效率，以及AEC-Q101认证所需的耐用性

Dilder Chowdhury博士和Jim Honea博士

为了尽可能提高功率转换的效率，需要使用出色的半导体器件作为基本构建模块。近年来，可以看到GaN FET技术能够带来尽可能的出色效率。然而，对于大电流、高功率应用，问题在于650 V GaN FET能否在高电压和高温下提供稳定工作，以及满足制造工艺的质量、可靠性和可扩展性要求，从而在汽车等市场领域获得成功？

## Nexperia功率GaN FET解决方案

我们的GaN FET技术可提供高电压下最低的导通电阻( $R_{ds(on)}$ )，具有明显更好的开关品质因数(FOM)。它展现出极大的潜力，并消除了硅基IGBT和超结(SJ)器件固有的许多限制。

由于二极管反向恢复的限制，而无法使用超结Si FET的硬开关应用拓扑，现在可以使用GaN FET，通过简单的控制方案充分发挥器件数量少和高效率的优势。这也正是我们针对大功率(650 V – 900 V)应用开发650 V GaN FET技术的原因。这些应用包括汽车应用中的电源 (AC:DC、PFC、OBC、DC:DC) 和牵引逆变器、电信(5G)、服务器 (数据中心和存储) 以及工业市场。

## 创建可扩展的技术

在生长纯GaN层之前，通过种晶层(seed layer)以及GaN和AlGaIn的渐变层可在硅衬底上形成氮化镓(GaN)HEMT (高电子迁移率晶体管)。然后，通过一层薄的AlGaIn形成二维电子气(2DEG)，由于GaN和Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层的界面处存在自发极化和压电极化，因此可提供高电子迁移率。

通过在硅衬底上使用具有更高临界电场和更高电子迁移率的宽带隙(WBG)材料，Nexperia带来可扩展的GaN解决方案。它利用现有硅基的晶圆制造技术和基础设施，非常适合大批量生产。起始外延材料可在硅衬底上采用金属有机化学气相沉积(MOCVD)法进行生长，直径可达200 mm，然后在硅基的晶圆厂中进行加工。

## 提供可靠的耐用性

本文中分享的产品参数来自我们的第一代50 mΩ 650 V 器件GAN063-650WSA，但其所有产品都具有相同的耐用性。

- 高可靠性栅极结构( $\pm 20$  V)和高阈值电压(4 V)，为高漏极源极dv/dt引起的栅极源极瞬态尖峰提供了更高的安全裕量
- 高漏极-源极瞬态电压规格可以处理高达800 V的开关瞬态尖峰
- 额定工作温度范围为-55至+175 °C，T<sub>j(max)</sub>为175 °C，非常适合恶劣的工作环境
- 极低的V<sub>f</sub>(1.3 V@12 A)，可实现类似Si的反向续流能力，无需复杂的死区时间调整

nexperia

EFFICIENCY WINS.

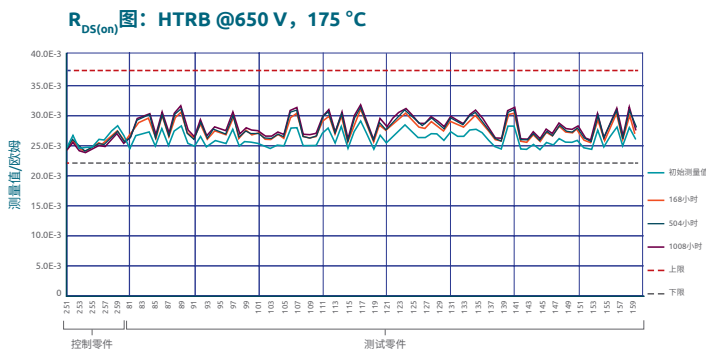
## 符合汽车级质量和认证要求

Nexperia的650 V GaN FET已通过AEC-Q101 Rev D级别的认证测试。此处显示了GAN063-650WSA 50 mΩ 650V器件的测试结果，包括650 V、175 °C条件下的高温反向偏压(HTRB)测试及动态导通电阻偏移。同时，在-55至150 °C的范围内进行了温度循环测试，包括高温(175 °C)下的栅极正电压(+20 V)和栅极负电压(-20 V)的偏压测试。

进一步的寿命测试包括高温偏压和无偏压的湿度测试以及工作寿命测试。这些只是为了证明该技术的可靠性和高质量而进行并已通过的一些关键测试。

### 高温反向偏压(HTRB)

高温反向偏压在最大额定电压650 V和最大温度175 °C的下进行。通过AEC-Q101 Rev D认证的条件是Rds(on)的偏移不超过20%。图1显示了测试器件的动态Rds(on)偏移。请注意，最大偏移小于15%。



[图1. HTRB期间的动态Rdson测量值]

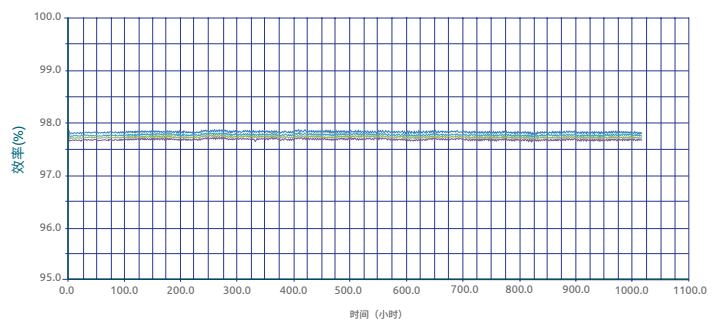
### 高温工作寿命(HTOL)

虽然高温工作寿命(HTOL)测试不属于AEC-Q101标准要求的一部分，但对于验证实际工作条件下器件的可靠性很有用。在连续导通模式下工作的半桥提供最基本的开关性能。对于该测试，我们准备了许多相同的半桥电路，每个电路都使用两颗GAN063-650WSA器件。

这些器件在以下条件下作为同步升压转换器连续运行：

- Vin – 200 V
- Vout – 480 V
- Pout – 800 W
- Tj – 175 °C
- 频率 – 300 kHz

下图显示了1,000小时测试期间所有测试器件的效率。可以看出，任何测试电路的样品都没有性能退化的迹象。在这些测试之后，还测试了所有器件的动态Rds(on)偏移、漏电流和阈值电压的变化。发现所有参数都是稳定的，任何参数偏移都在允许范围内。



[图2. 升压转换器(HTOL)在1000小时内的效率]

## 结论

尽管仍处于技术成熟的早期阶段，但功率GaN技术凭借耐用性和可靠性，可以提供较高的商业应用前景。其高效率已得到实际验证，并且GAN063-650WSA已通过AEC-Q101标准认证，因此功率GaN能够为汽车和其他应用提供出色的性能和耐用性。硅基功率GaN技术具有实现批量生产的巨大增长潜力，支持经济高效的大批量生产，以满足市场需求。

© 2020 Nexperia B.V.

保留所有权利。未经版权所有者优先书面同意，禁止复制本文全部或部分。本文档中所提供的信息不构成任何报价或合同的一部分，且被认为是准确可靠的，如有变更，恕不另行通知。对于使用本文档所产生的任何后果，出版方概不承担任何责任。出版内容既不传达也不暗示专利或者其他工业或知识产权下的任何许可。

nexperia.com

发布日期：  
2020年6月

