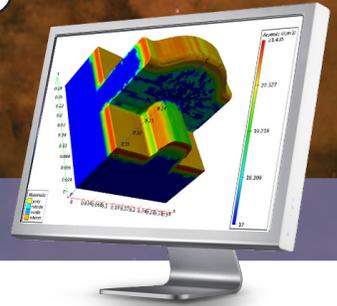


Victory Process

三维工艺仿真器



Victory Process是一个版图驱动通用1D、2D和3D工艺仿真器，包括蚀刻和淀积、注入、扩散和氧化仿真功能。专利模型以及公共领域研究模型通过开放式建模接口可以集成到Victory Process。

- 快速的三维结构原型制作功能可对某些特别工艺问题进行深入的物理分析
- 具有一套完整的扩散模型：费米（Fermi）、fullcpl、单对和五路层流（five-stream）模型
- 通过应力分析进行物理氧化仿真
- 极其精确快速的蒙特卡罗注入仿真
- 高效的多线程可在关键时间操作蒙特卡罗注入、扩散、氧化，以及物理刻蚀与淀积
- 尖端的多粒子流量模型可通过再淀积衬底材料来进行物理淀积与刻蚀
- 开放式结构可轻松引入并修改客户定制的物理模型
- 与三维器件仿真器无缝链接，包括结构镜像、自适应掺杂细化以及电极规格设定等
- 所用的 SUPREM 式语法简单易学及用户友好
- 兼容于Athena
- 在2D模式下便利的校准平台和快速的流程测试（无需运行3D校准）
- 自动从一维、二维和三维模式切换

SILVACO

Victory Process有两种操作模式:

- 高级结构编辑器模式用于3D结构的快速原型设计, 如图像传感器、SRAM单元或FinFET元件, 其结构输出网格算法被优化以加载到3D器件仿真器用于后续电气特性表征。
- 工艺仿真模式是一个全功能的、基于level-set 的1D、2D、和3D工艺仿真器, 更适合以工艺为基础的分析, 如复杂的离子束铣削试验和应力依赖氧化分析等水平。

本手册首先显示这两种操作模式的例子和常见功能, 例如注入和扩散, 然后介绍高级结构编辑器或高级工艺仿真器特有的一些功能。

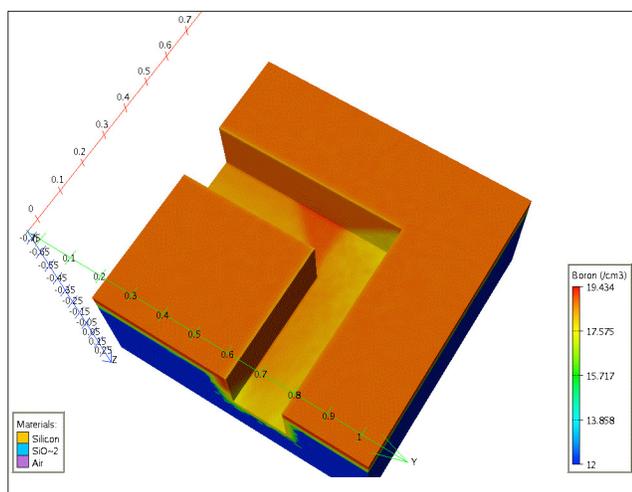
高级结构编辑器和工艺仿真器模式的常用功能

分析性离子注入

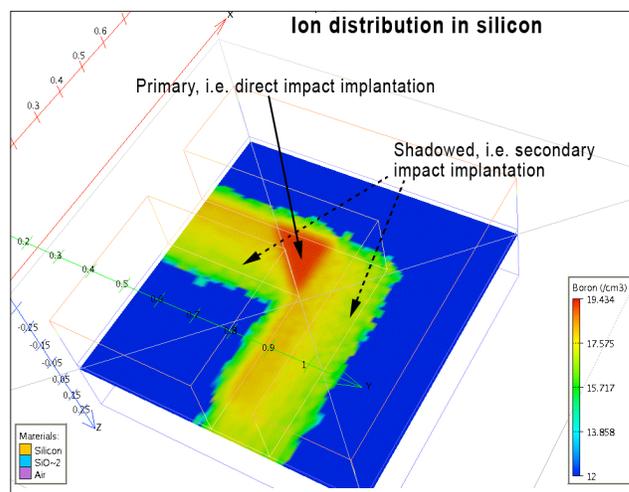
- 采用经实验验证的皮尔逊和双皮尔逊注入模型
- 含能量、剂量、倾斜角度和旋转度等变化的扩展注入时刻表
- 考虑到多层注入时刻缩放情况
- 与Athena/SSuprem 4 完全兼容

蒙特卡罗离子注入

- 在形成任意形状和多层结构的晶态和非晶态材料中非常精确的离子分布
- 从低至200 电子伏 (eV) 到高至兆电子伏(MeV)的精确校准能量范围
- 考虑到所有的离子注入复合效应, 诸如反射与重注入, 以及甚至在深沟槽和空隙中的阴影
- 可处理任意的注入方向和晶圆方向
- 应用三维二元碰撞近似仿真技术, 可预测不单是主要通道中、还包括所有可能的二级通道和晶面中的通道效应
- 为浅结注入、多个注入、预非晶化、HALO注入、逆阱成形和阱邻近效应等重要技术问题提供时间效率和成本效益的解决方案
- 完全多线程使缩短的运行时间与CPU的数量几乎呈线性正比



在倾斜50度注入并沿着结构的对角线旋转。几分钟之内可在8核的机器上仿真5百万个离子轨迹。



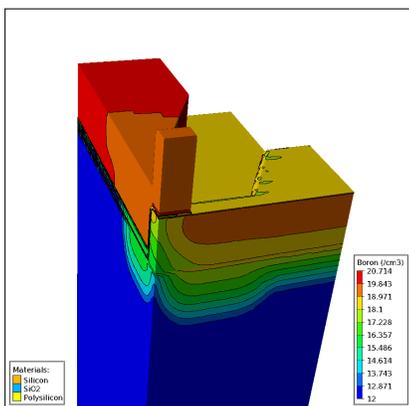
在倾斜50度注入并沿着结构的对角线旋转。考虑到所有的几何效应。

扩散

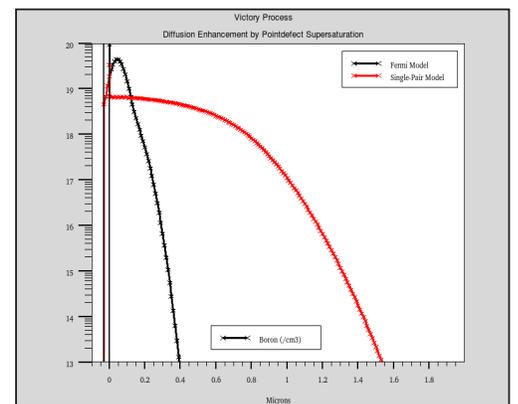
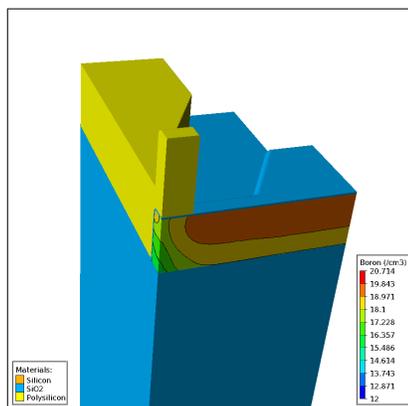
- 费米扩散模型与Athena/SSuprem4兼容
- 非半导体材料的费克 (Fick) 扩散模式
- 可仿真多掺杂扩散
- 考虑到材料界面的固体溶解度、掺杂激活以及分离现象
- 完全多线程方程汇编器和线性解算器可实质性提高多核计算机的运算速度
- 可仿真瞬态增强扩散效应
- 三路层流(three-stream)和五路层流(five-stream)扩散模型
- 点缺陷捕捉与聚类模型
- 所有材料界面的杂质分离
- 杂质激活和固体溶解度
- 在InP之类化合物半导体中的扩散
- 氧化介导扩散的仿真

开放式建模界面功能

- 模型类型的定义
- 模型参数的定义
- 反应函数的定义
- PDE系统的配置



在分析性注入和费米扩散之后在一个复杂结构中的硼分布



间质性超饱和时费米模型和三路层流 (3-stream) 扩散模型比较

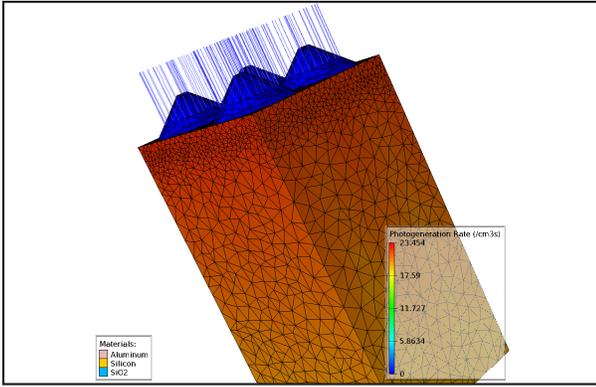
高级结构编辑器模式

快速几何蚀刻和淀积

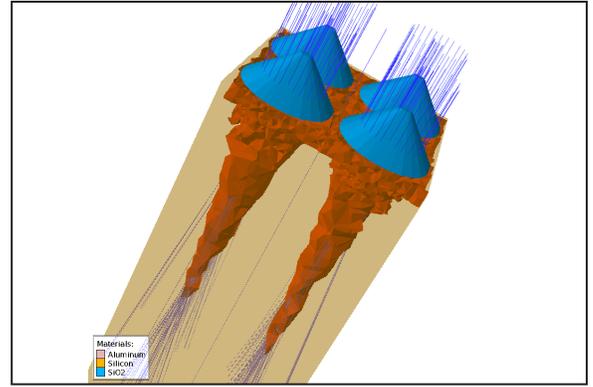
- 非结构化网格用于表示结构
- 理想化的各向同性蚀刻和平坦化
- 选择性蚀刻或去除材料的区域
- 理想化的保形淀积
- 掩膜版图为基础的处理 - 就像在一个晶圆厂
- In-deck掩膜定义和操作
- 支持GDSII和MaskViews屏蔽格式
- 支持掩膜功能的变异

3D太阳能电池仿真实例

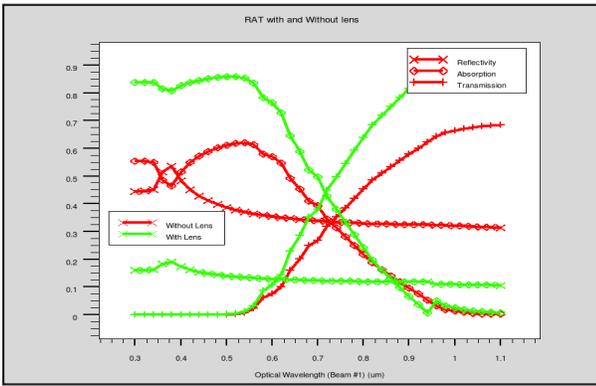
三维工艺仿真从掩模开始，它包括硅顶部氧化层的一个淀积和角度蚀刻以界定氧化物透镜。透镜的形状可以调整作为蚀刻时掩模尺寸和角度的函数，以优化太阳能电池的效率使用。



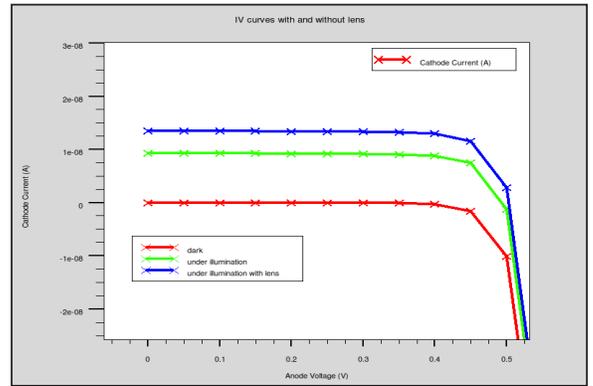
3D太阳能电池，包括透镜



3D光生成等值面



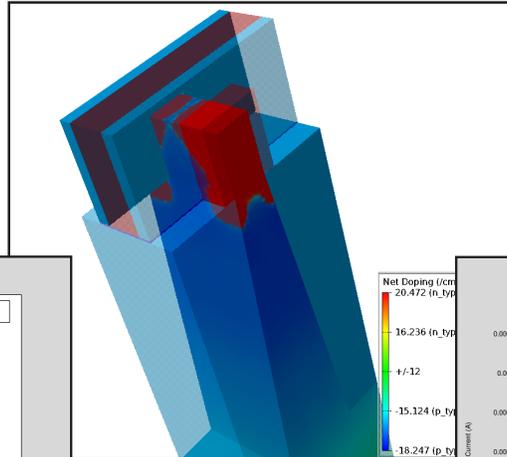
带和不带透镜仿真反射、吸收和传输。



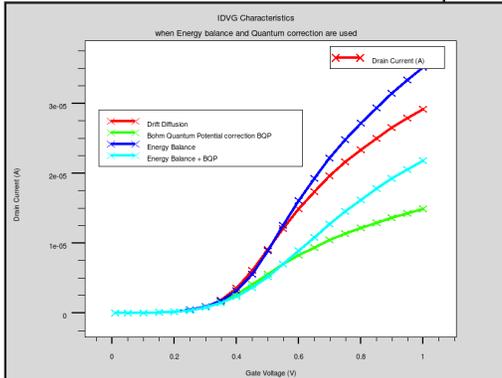
采用Victory Device仿真的3D太阳能电池IV曲线（在黑暗和光照下以及有和没有透镜的情况）。

FinFET 实例

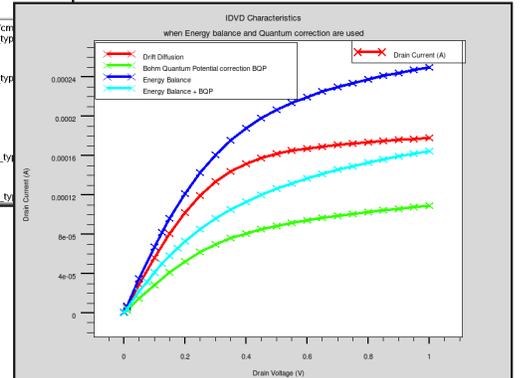
3D FinFET器件的仿真，包括量子修正和能量平衡



3D FinFET器件的净掺杂分布



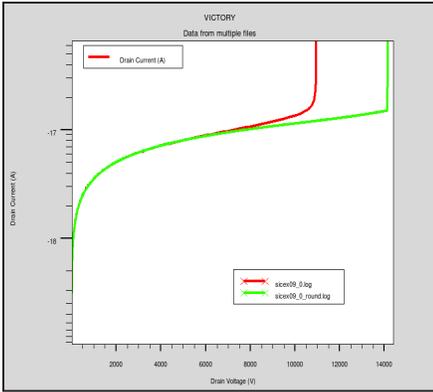
IDVG特点，采用Victory Device仿真，其示出了当能量平衡和量子修正时的区别



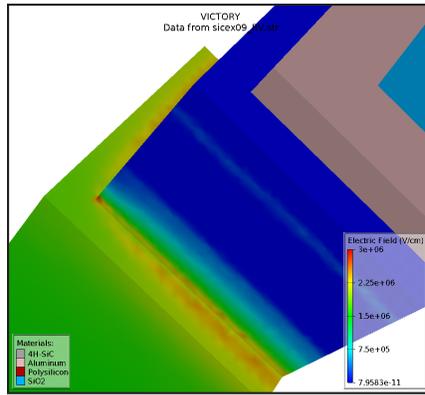
IDVD特点，采用Victory Device仿真，其示出了当能量平衡和量子修正时的区别

SiC沟道IGBT例

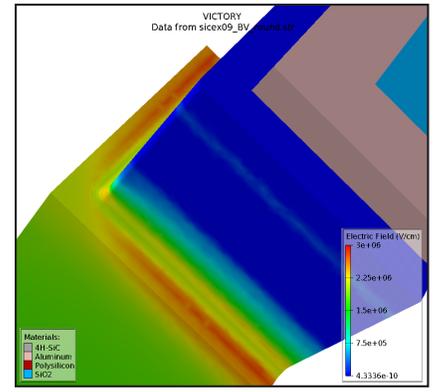
3D沟SiC IGBT仿真显示了和锐边沟槽相比，圆边沟槽使击穿电压提高了□350V



使用3D Victory Device 比较锐边和圆边沟槽的3D IGBT BV 仿真结果



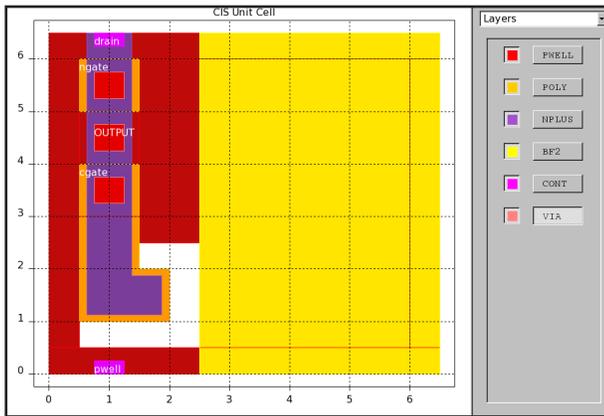
锐边沟槽3D IGBT中的电场分布



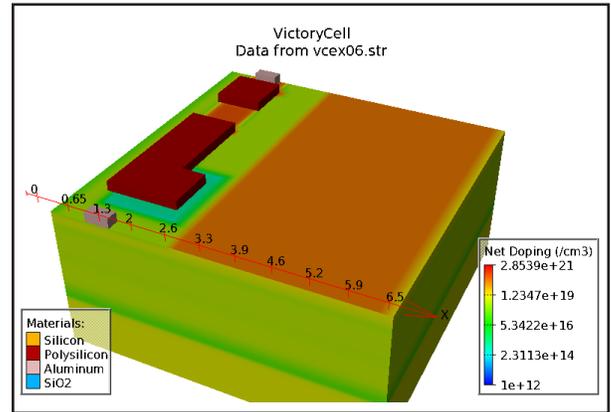
圆边沟槽3D IGBT中的电场分布

CMOS图像传感器例子

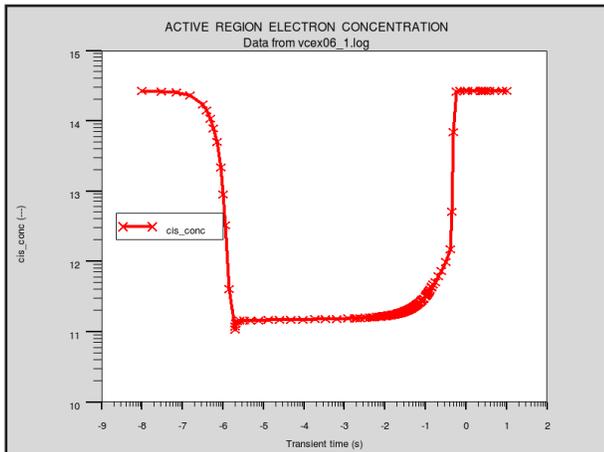
TCAD仿真全CMOS图像传感器单元，包括两个传输晶体管



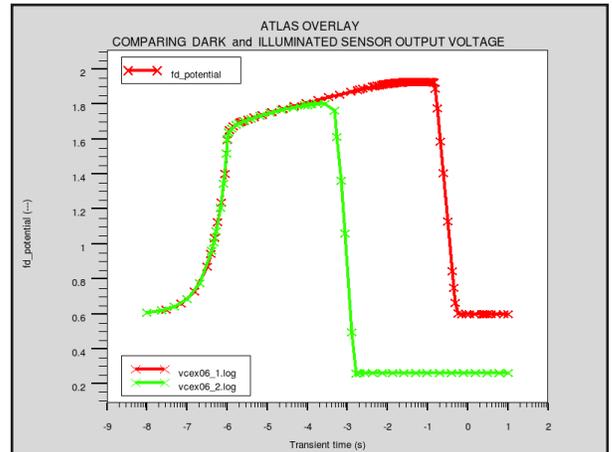
CMOS图像传感器的例子



在3D CMOS图像传感器中的3D净掺杂分布



在黑暗恢复时间仿真期间使用Victory Device计算的电子浓度



用Victory Device比较在无光照和有光照条件下传感器的输出电压仿真

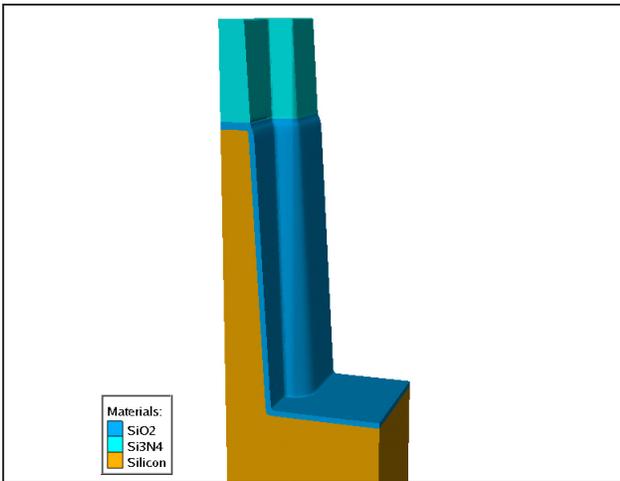
工艺仿真器模式

在工艺模式下，结构是隐式表示，作为一个“夹心”于表面之间的材料层的堆栈，每个表面在笛卡尔网格的层次结构上隐含定义

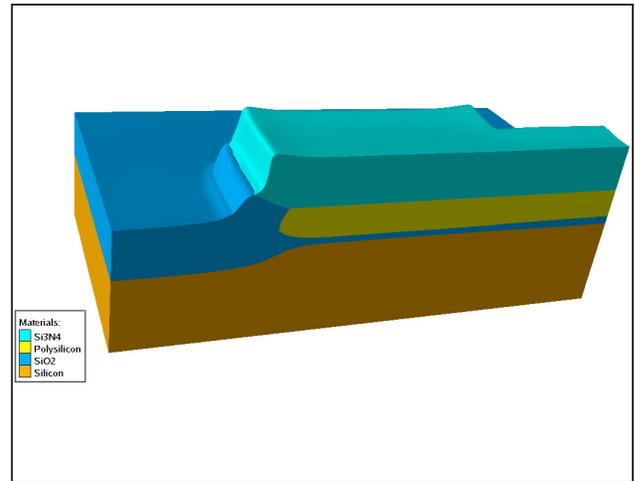
氧化模型

- 可以在实证模式、完全物理模式、或混合模式来仿真氧化
- 实证模式适用于非常薄的氧化层
- 迪尔-格罗夫和马苏德模型在实证模式下使用
- 全物理模式仿真氧化剂运输、Si/SiO₂界面反应、粘性流动、材料的变形、和应力的形成
- 实证和完整的物理模式之间自动切换，依赖于氧化层厚度
- 实证模式用于其粗网格允许层厚度小于待解决的网孔尺寸的平面区域
- 全物理模式用于细网区域
- 应力依赖氧运输和界面反应
- 考虑取向依赖、掺杂依赖和环境条件

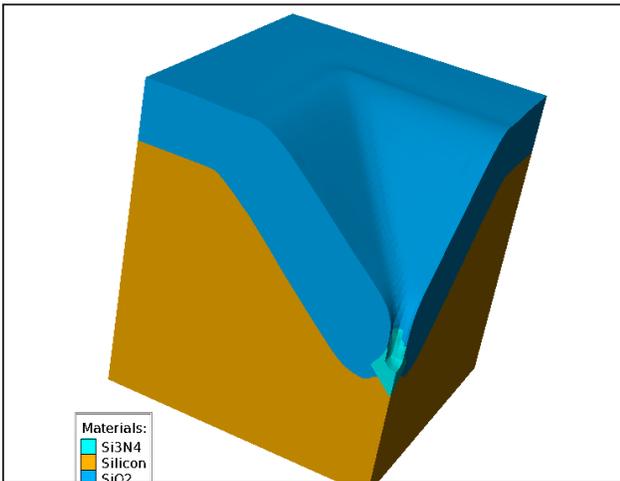
STI衬垫氧化



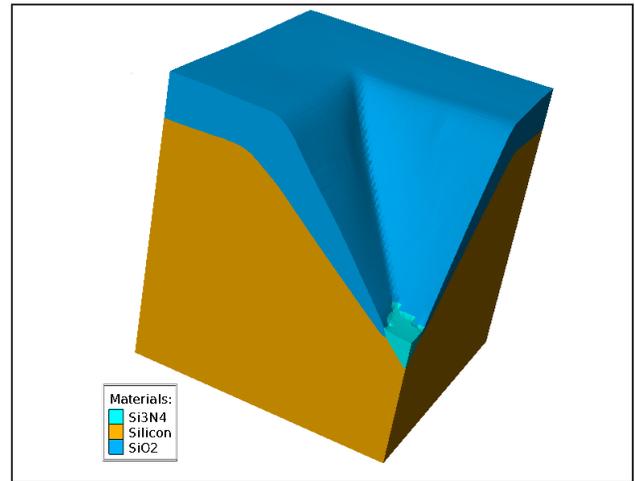
缓冲场氧化



仿真对于复合物结构（多层概念）是稳定的



无应力：使用默认的线性粘滞模型局部氧化一个倒置金字塔形状的的四分之一部分



有应力：倒金字塔部分的非线性氧化,考虑到应力依赖性反应和扩散。应力发生在拐角区域。由于拐角的收敛性，接近顶点的氧化生长的延迟因应力而变得更显著。

物理刻蚀与淀积模块包含一个综合的模型集，覆盖了半导体制造以及介质硬镀膜和摩擦应用中所使用的多种拓扑结构演化工艺。高效的多线程使其在Linux配置的多核系统中运行速度极快。

物理刻蚀

- 选择性刻蚀
- 等向性、非等向性和定向刻蚀
- 有赖于晶体取向的非等向性刻蚀 (例如, KOH 中的硅)
- 材料再淀积的等离子刻蚀

物理淀积

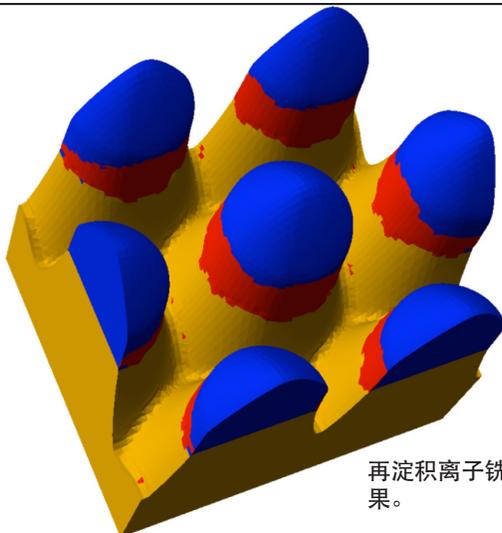
- 保形、非保形和定向淀积
- 溅射淀积
- 离子辅助溅射淀积

开放式建模界面功能

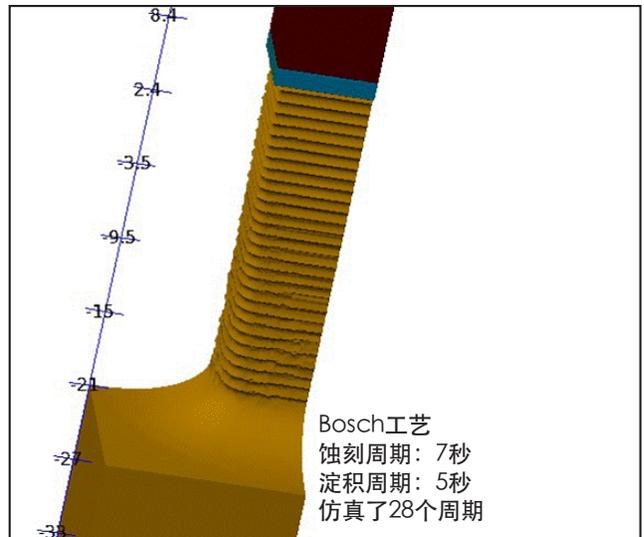
- 刻蚀率、保形性、非等向性和粘系数的用户可定义模式
- 用户指定技术模式 (例如, 刻蚀率与气流量)
- 用户可定义的表面反应模型
- 采用通量模型的用户可定义粒子传输特性
- 所有的模型均考虑到弹道传输
- 自动选择传输模式
- 多个粒子的传输和反应

离子铣削 (IM) 和离子束淀积 (IBD)

- 静态离子束和旋转离子束
- 可选择性开关旋转离子束
- 可用于IM的高准直离子束和发散离子束以及用于IBD的粒子通量
- 可仿真再淀积效应
- 可配置的特定材料的屈服函数和再发射系数
- 考虑到遮光效应
- 实证产品模型考虑到处理条件, 如离子能量、离子束电流、离子质谱、离子电荷



再淀积离子铣削仿真的结果。



Bosch工艺
蚀刻周期: 7秒
淀积周期: 5秒
仿真了28个周期

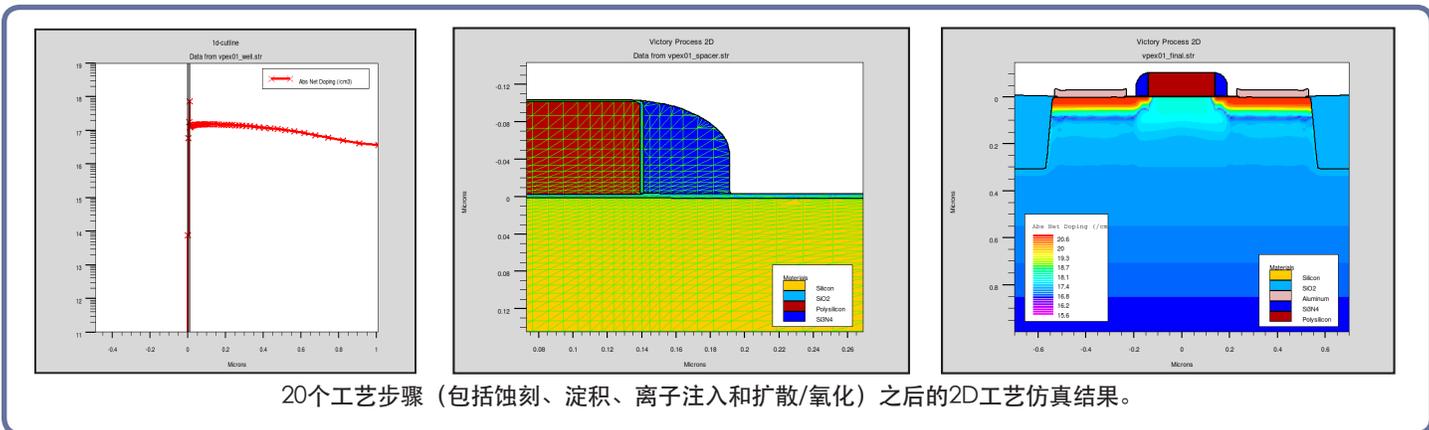
在工艺模式下可用1D和2D仿真功能。现在它可以被视为Athena的一个直接替换，其大多兼容的语法可用于传统的输入文件转换。

1D和2D模式

- 非常类似的语法允许轻松地从Athena和T-SUPREM迁移
- 基于level-set的蚀刻、淀积和氧化，提高了复杂结构形状的稳定性和精度
- 1D/2D仿真可实现在进行全面的3D仿真之前快速校准和工艺成型
- 开放式建模界面和材料数据库允许标准和新材料及掺杂剂的自定义模型开发
- 与Atlas 和 Victory Device的无缝链接
- 多线程可用于最耗时的工艺步骤

28nm的MOSFET

这个例子演示了有STI (Shallow Trench Isolation-浅沟槽隔离) 的28nm的NMOS晶体管的2D工艺仿真。本例的目的在于说明与Athena的通用兼容性。



Victory Process 输入输出



SILVACO

新加坡

Silvaco Singapore Pte Ltd

1 Grange Road #06-02

Orchard Building, Singapore 239693

Tel: +65-6872 3674

Fax: +65-6872 2497

Email: sgsales@silvaco.com



WWW.SILVACO.COM.CN

Rev 050614_18