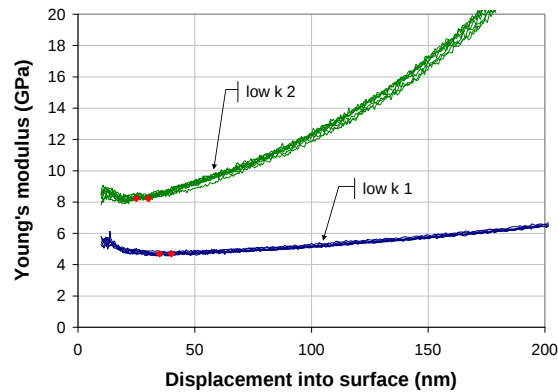


纳米压痕测试技术在半导体方面的应用

低介电（Low-k）材料是最新半导体领域应用非常广泛的一种材料，该材料的特征具有较小的介电常数（相对于 SiO₂ 材料而言），以及较好的力学性能，例如杨氏模量和硬度。该材料的制备通常都是镀在晶圆片上一层或多层薄膜，膜层的厚度基本都在几百纳米到微米尺度，是德科技公司的 Nano Indenter G200 拥有连续刚度测量专利技术，可以轻松通过纳米压痕测试获得没有基底效应的低介电薄膜材料的杨氏模量和硬度，此处举例的两个薄膜的膜厚分别为 1007nm（low k 1）和 445nm（low k 2）。

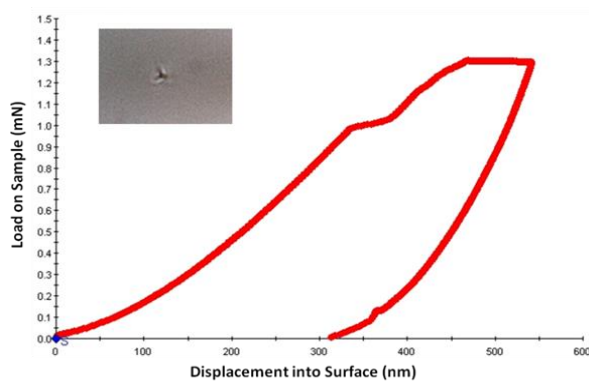
断裂韧性反映了结构阻止裂纹失稳扩展能力，是结构抵抗裂纹脆性扩展的参数。Nano Indenter G200 上的接触刚度原位扫描成像技术还可以被用来测试低介电薄膜材料的断裂韧性（ K_{IC} ），对于薄膜材料的断裂韧性测试，这种原位成像技术是最佳的方法。



左图为两个低介电薄膜材料的杨氏模量作为压入深度的函数曲线。每个样品分别进行了 8 个不同位置的压痕，最低平台处的数值就代表了该薄膜材料的杨氏模量[GB/T 25898-2010]，随着压入深度的增大，模量数值逐渐变大，这是由于基底效应的影响。两个低介电薄膜的杨氏模量分别为：

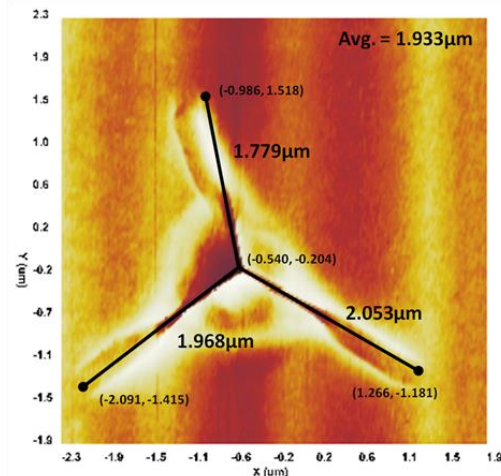
Low-k1: 4.67±0.07 GPa

Low-k2: 8.23±0.13 GPa



$$K_{IC} = \alpha \left[\frac{E}{H} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{P_{max}}{c^{1.5}} \right]$$

K_{IC} 断裂韧性， E 杨氏模量， H 硬度， c 裂纹长度， P_{max} 产生裂纹的最大压痕载荷， α 常数



接触刚度扫描图像获得裂纹长度 c ，带入左侧的公式就可以得到 low-k 薄膜材料的断裂韧性：
 $0.04 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$