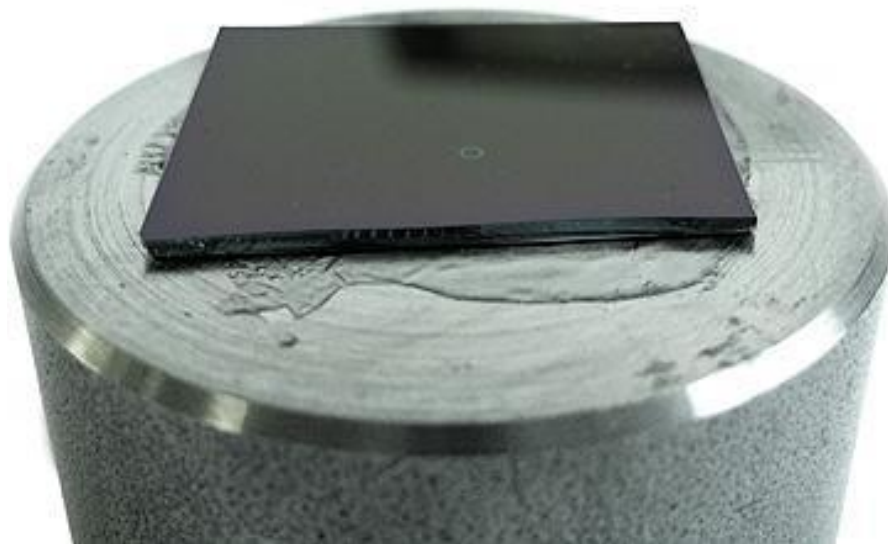


## ポリマーコート・ガラスのナノレベル摩耗試験



Prepared by  
Jorge Ramirez

## はじめに

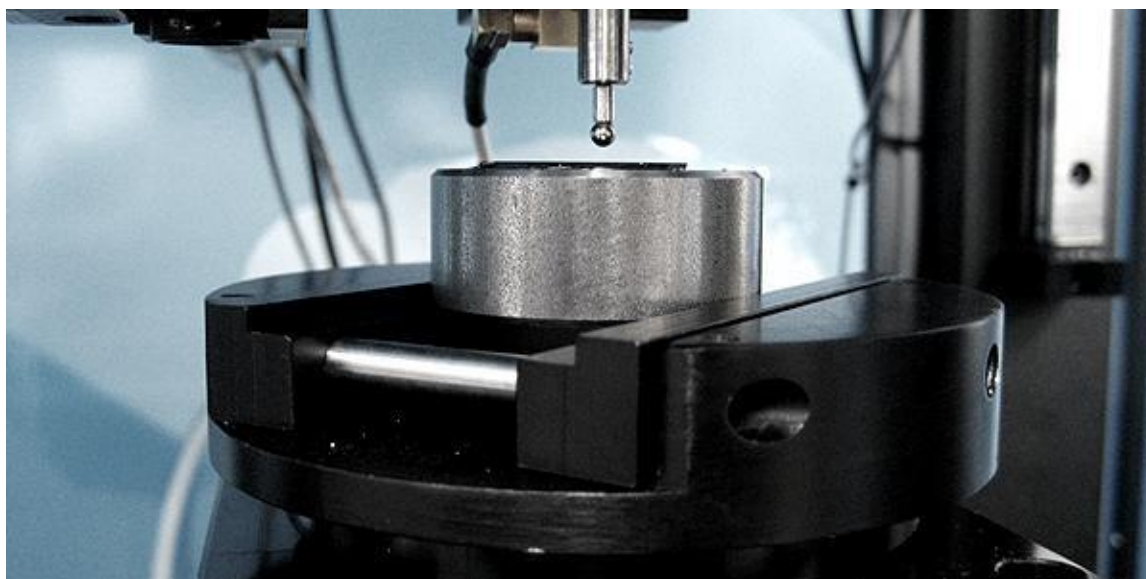
技術の新たな進歩により、事実上すべての業界にわたってコンポーネントのサイズとその表面特性が繊細化する方向へ変化し続けています。特に、生物医学およびマイクロエレクトロニクスのコンポーネントと、それらの表面相互作用を理解することにおいて顕著です。繊細な表面構造の精度を必要とする産業にとっては、材料表面の変化を理解し、意図した表面相互作用を提供することが極めて重要です。繊細になったコンポーネントの表面やそのサイズにより、これまでのトライボロジー（摩擦学的）研究が困難になり、新しく適切な摩耗/摩擦結果の必要性が研究はもちろん、品質管理目的でも必要になりました。したがって、より小さな負荷およびより小さな用途での摩耗/摩擦による表面の相互作用を確実に計測する必要性が高まっています。

### ■ナノレベルの摩耗試験を研究開発及び品質管理で行う重要性

医療機器の設計における主要な懸念事項は、身体、または相互に接触する他の材料や部品の接触中に生じる摩耗の量です。正確な摩耗測定により、炎症や感染などのトラブルを引き起こす可能性がある摩耗を減らす制御が可能になります。一方、マイクロエレクトロニクスでは、電子機能を確保するために表面相互作用を確実に、高精度で理解する必要があります。したがって、小さくて傷つきやすい部品表面の意図した性能を確保するには、定量化可能で再現性があり、信頼性の高い摩耗測定が不可欠です。

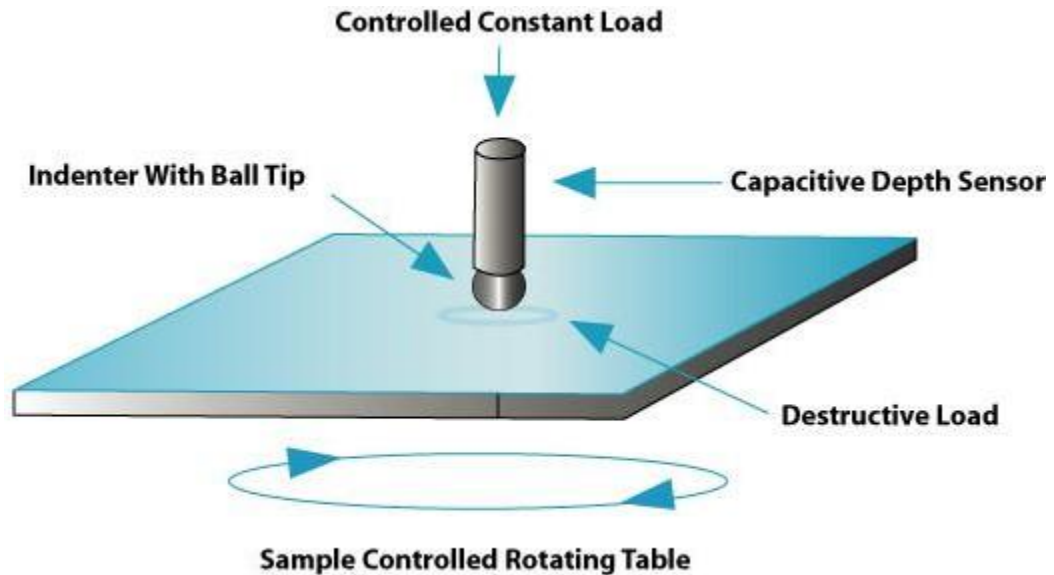
### ■必要な試験機特性

敏感な測定表面の表面摩耗を測定するには、先端がボール形状のインデントーと柔らかいサンプルに正確に制御された低荷重をかける必要があります。最も繊細な表面用途では、制御された低負荷摩耗能力にはナノレベルの機械試験精度が必要です。統合された3D非接触式光学プロファイラーも使用して、表面粗さと容積/表面積の測定値を取得し、摩耗結果との相関関係を研究することも重要です。さらに、多くの用途は潤滑条件で使用されるため、サンプルが潤滑されているとき、または液体に浸されている条件で試験システムが特性をテストできることも重要です。今回のアプリケーションでは使用しませんが、NANOVEA製品では潤滑オプションを装備可能です。



## 摩耗測定原理

テスト中、インデントは非常に正確に制御された低荷重で被測定表面に接触します。その後、テーブルが一定の速度で回転を開始します。ナノジュールは、高速のピエゾ圧電システムとロードセルを使用してボールの位置を迅速に調整し、一定の荷重を正確に維持します。



### ■摩耗試験で使用するツール

#### ◎深度センサー

- 高感度の静電容量変位センサーを使用すると、スクラッチの前後の深さ情報により、試験中の塑性変形と弾性変形に関する情報が得られます。

#### ◎摩擦センサー

- 摩擦は、ベーステーブル内の非常に敏感なスプリングの変形から測定されます。スプリングの変形は高精度 LVDT センサーを使用して測定されます。摩擦を測定すると、時間の経過に伴う変化や、たとえばコーティングが剥がれたときの変化を記録することができます。

#### ◎顕微鏡観察

- テスト領域を定義し、摩耗トラック表面を観察および測定するために使用されます。

#### ◎光学式 3D プロファイラ

- 非接触プロファイラがボールがサンプル表面を通過することによって生じる摩耗プロファイルと粗さを測定するために使用されます。

#### ◎原子間力顕微鏡

- 光学3Dプロファイラと同じですが、より高い解像度とより小さな領域を計測します。

## 試験パラメーター

サンプル名	ウェファ上のポリマー	潤滑液	n/a
負荷	30 mN	測定環境	Air
回転速度	20 rpm	温度	23° C
トラック半径	1 mm		(room)
ボール半径	3 mm	湿度	35%
ボール材質	440 SS		

## 測定結果

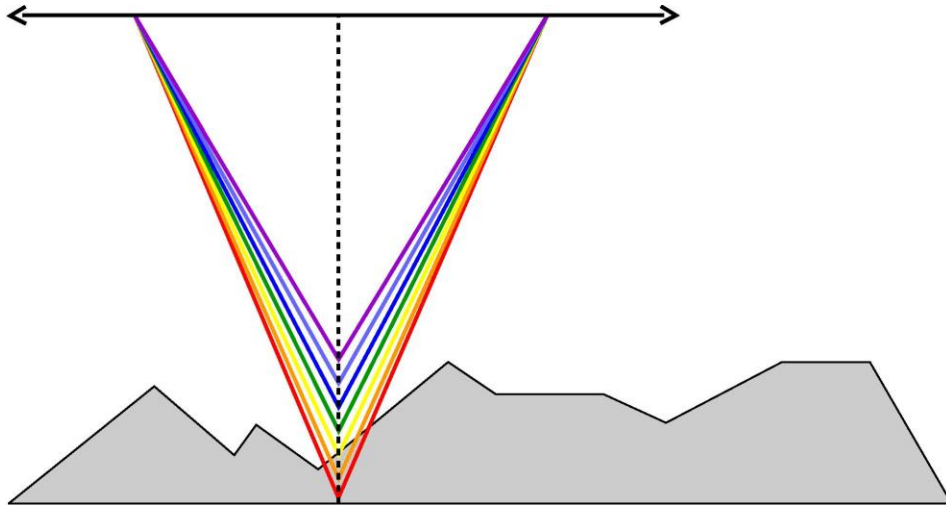
摩耗レート

Polymer on Wafer	WearRate ( mm <sup>3</sup> / Nm)
Test1	0.029



## 3D光学プロファイラ測定原理:

軸上色収差技術では白色光源が使用され、光は高度の色収差を伴う対物レンズを通過します。対物レンズの屈折率は光の波長に応じて変化します。実際、入射白色光のそれぞれの波長は、レンズからの異なる距離（異なる高さ）で再度焦点が合います。測定されたサンプルが測定可能な高さの範囲内にある場合、ひとつの単色の点に焦点が合い画像イメージを形成します。システムの共焦点構造により、焦点を合わせた波長のみが高効率で空間フィルターを通過するため、他のすべての波長は焦点から外れます。スペクトル分析は回折格子を使用して行われます。この技術は、各波長を異なる位置で偏らせ、CCD のラインを遮断します。これにより、最大強度の位置が示され、Z 高さ位置との直接の対応が可能になります。

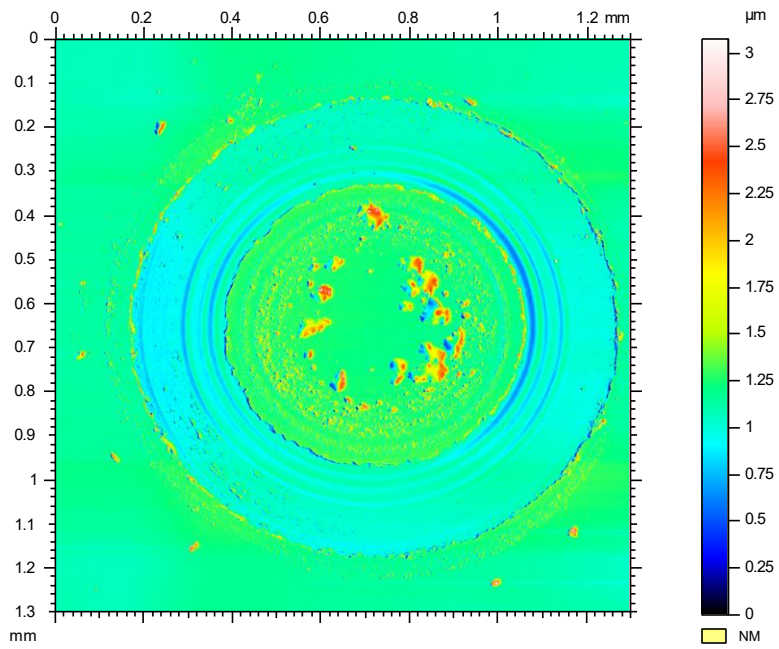


NANOVEA 光学ペンはサンプルの反射率の影響を受けません。また、測定サンプルの前処理が不要で、高い表面角度を測定できる高度な機能を備えています。広い Z 測定範囲が可能。

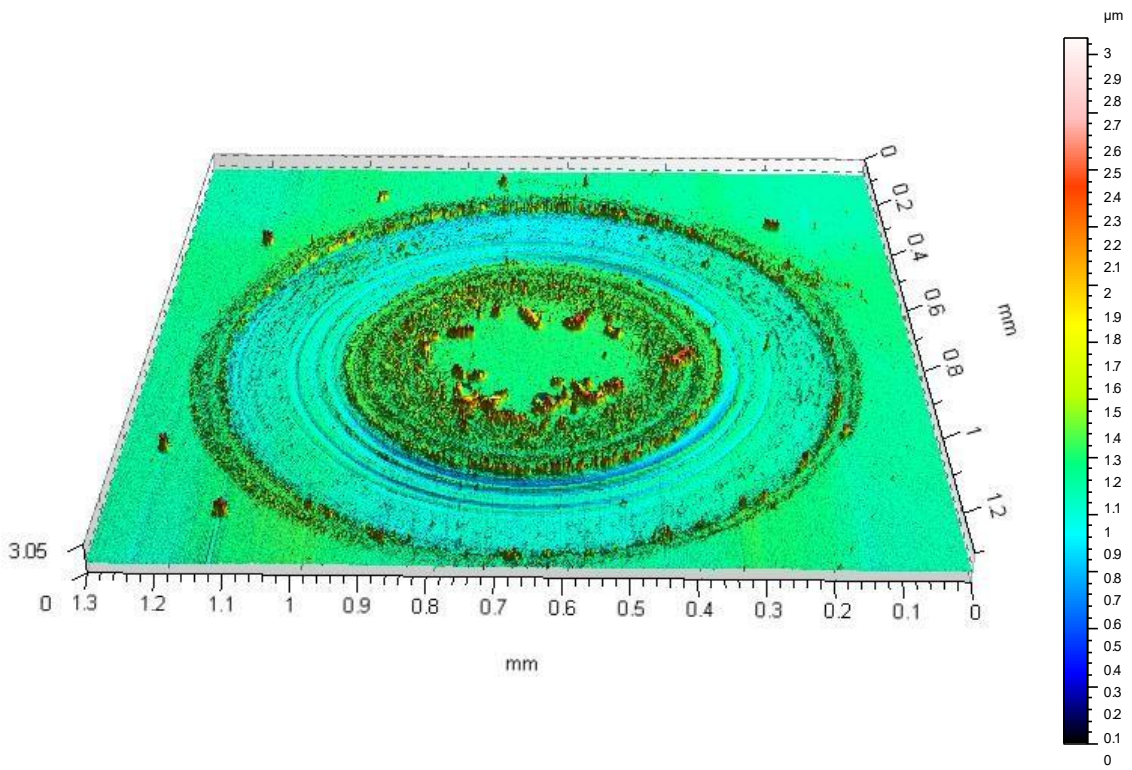
そして、透明/不透明、鏡面/拡散、平滑/粗いなど、あらゆる材質を測定します。

# 結果

摩耗率

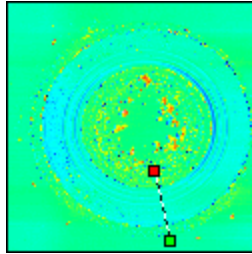


Top Surface View of Polymer on Wafer

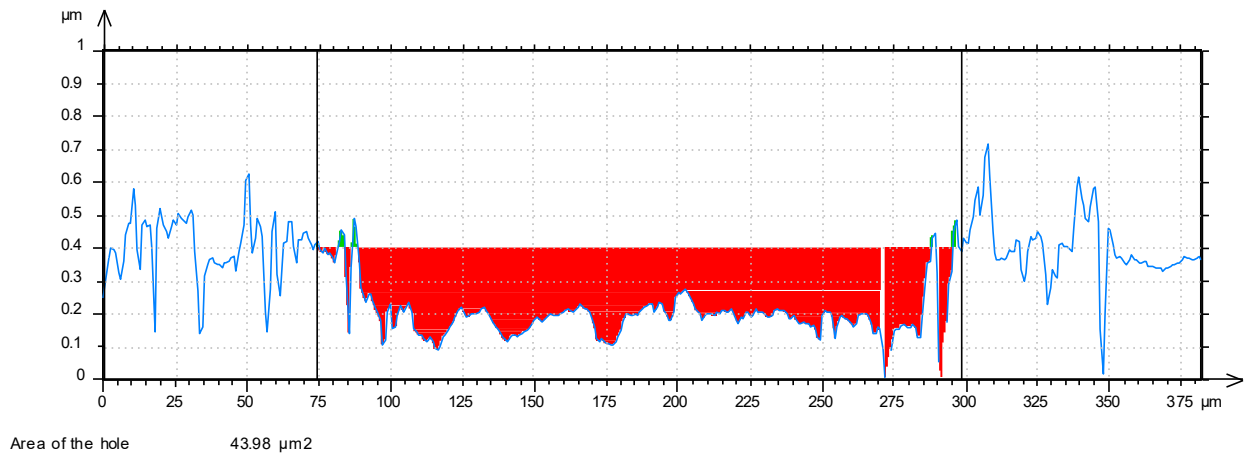


3D Image of Polymer on Wafer

Profile extracted from:



Profile Extracted From Polymer on Wafer



## まとめ

NANOVEA機械式インデンターは、ナノ摩擦試験モードで使用すると、小さい表面や傷つきやすい表面のトライボロジー摩擦率測定に最適です。直径 3mm、さらには 6mm までのボールを 1mN 以下の力で使用できるという利点により、現実の使用環境設定で厳密に低摩擦アプリケーションを模倣することができます。加えられる力のレベルをよりよく理解するには、力が非常に小さいことで知られる AFM（原子間力顕微鏡）と比較するとわかりやすいです。たとえば、0.2nN で半径 50nm の Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 先端チップでは、表面の圧力は 200MPa の範囲にあることが報告されています。接触面半径0.1mmで30mNを加えた場合の計算圧力は2.5MPaとなります。したがって、適用される圧力は 80 分の 1 になります。力は 1mN 以下まで下げることができ、接触面積が大きくなると圧力は 0.08MPa 以下まで下げることができます。さらに、ロードセルとピエゾ圧電装置間の力の高速制御ループにより、高速回転で摩擦試験をしても加えられる負荷を優れた精度で制御できます。この測定ではアプリケーションの設定圧力と、使用するツールによって加えられる圧力が一致していることが非常に重要です。摩擦センサーおよび静電容量式深さセンサー（このアプリケーションノートでは使用していませんが、同じ測定機で利用可能）を使用すると、摩擦力の変化または深さ測定値の安定化から、ボールがポリマーコートを剥がして基板に到達したときの正確な時点を特定できます。静電容量式深度センサーは0.1nmまでの深さの変化を測定できます。今回は摩擦痕跡の幅が広いので、試験後に摩擦痕跡を測定するツールとして光学式プロファイラーを選択しました。AFM（原子間力顕微鏡）は、100 ミクロン以下の小さな摩擦トラックに最適なツールです。



〒274-0812 千葉県船橋市三咲7-22-7  
TEL:047-449-2961 FAX:047-449-2926