

針の先で原子をスキャンする

Spectrum 社のデジタイザ（A/D ボード）は研究者が原子間力顕微鏡を改善するのに役立ちます

はじめに：

原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope）は、材料科学における重要なツールであり、表面の機械的スキャンに使用されます。表面の原子とナノスコピック針の先端の間に作用する力が測定・計算され、ナノメートルの何分の1かのオーダーの分解能が得られます。現在、オーストラリアのニューカッスル大学は、これらの複雑な機械を改良および簡素化しており、世界中の研究所での幅広い使用が可能になります。この洗練された研究では、8チャンネルの Spectrum 製 DigitizerNETBOX が AFM の進化を推進するために必要な高い精度を提供します。

ニューカッスル大学の研究：

1985年に発明された原子間力顕微鏡（AFM）は、表面化学に関与する世界中の研究所で使用される重要なツールになりました。その卓越した解像度は、この機器が従来の光ベースの顕微鏡よりも1000倍以上詳細を明らかにできることを意味します。また、電子顕微鏡などの他の高度なシステムとは異なり、サンプルをその場で画像化できます。これは、形状イメージングと力測定を実行する機能とともに、AFMを柔らかい生物学的材料、ポリ

マー、ナノ構造、およびその他のさまざまな材料の研究に非常に適したものにします。

ニューカッスル大学では、マイケル・ルパート博士と彼のチームが AFM システムの重要な要素を改善しています。目的は操作を簡素化するだけでなく、この顕微鏡の全体的なパフォーマンスを向上させることです。大学の電気工学およびコンピューティング学部のプレジジョンメカトロニクス研究室は、ナノテクノロジー、メカトロニクス、微小電気機械システム（MEMS）、および低ノイズ電子設計の専門知識を結集して、AFMのシステムの複雑さとコストを削減できる独自のソリューションを作成します。

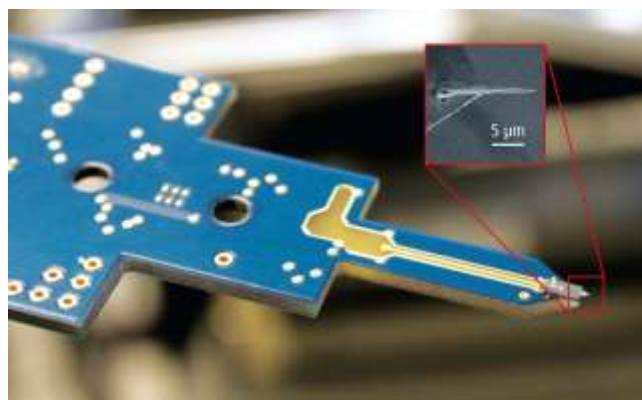


Figure 1 ルパート博士の開発したカンチレバー

AFM テクノロジー：

AFMは通常、サンプル表面全体でカンチレバー/チップをスキャンすることによって形状画像を作成します。次に、レーザービームと位置感知フォトダイオード検出器を使用して、カンチレバーのたわみの小さな変化を測定します。検出器からの信号を取得して分析し、サンプルの表面のトポロジカルな高さの変化を特定して、3次元のトポグラフィを作成する必要があります。

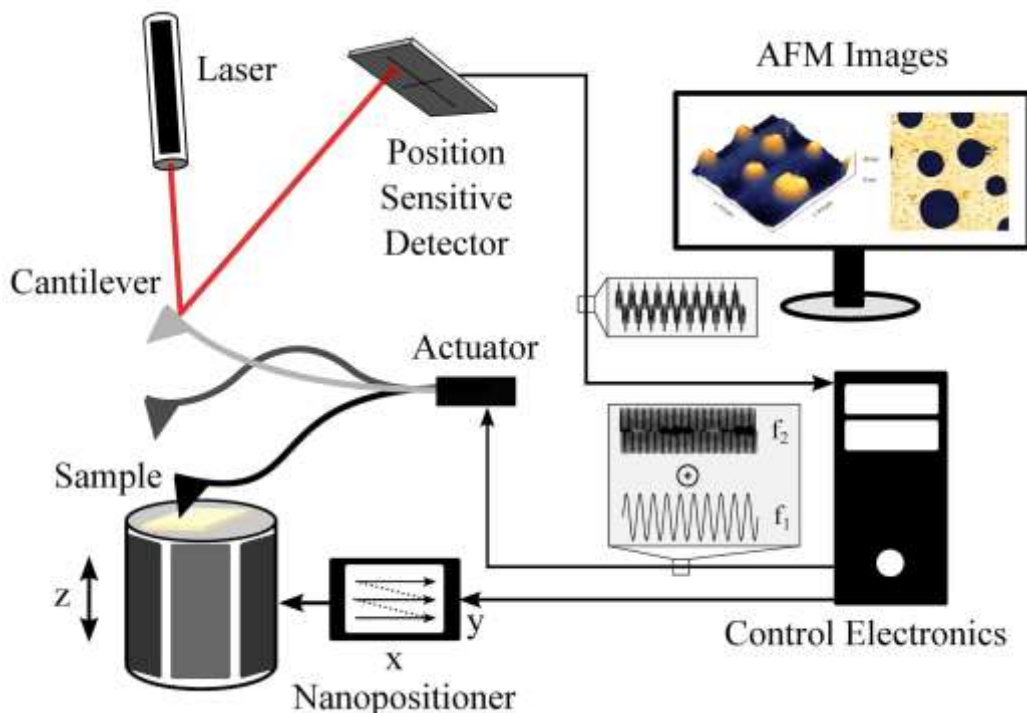


Figure 2 従来の多周波原子間力顕微鏡実験の概略設定。カンチレバーは、ナノポジショナーによってサンプル上をスキャンされている間、複数の共振周波数で同時に振動します。

機器の中核には、サンプルと相互作用し、ナノメカニカル特性を測定するための「物理的リンク」を提供するマイクロカンチレバーがあります。カンチレバーの微細加工技術は何年にもわたって進歩し続けていますが、全体的な設計はほとんど変わっていません。パッシブ長方形カンチレバーが業界標準として採用されています。その結果、従来のカンチレバー計装には、外部の圧電音響励起と外部の光偏向センサーが必要です。これらのコンポーネントは両方とも、イメージング情報をトポグラフィを超えて、サンプルの剛性、弾性、接着性などのナノメカニカル特性の範囲にまで拡張できる多周波 AFM テクノロジーのトレンドには最適ではありません。対照的に、チップレベルで統合された作動と検知を備えたアクティブカンチレバーは、取り付けシステムの構造モードがないこと、ダウンスケーリングの可能性、シングルチップ AFM 実装、カンチレバーアレイへの並列化など、従来のカンチレバーに比べていくつかの明確な利点を提供します。光学的干渉がないことも同様です。

最新の研究：

ルパート博士と彼の同僚は最近、AFM 性能を改善し、操作を簡素化し、設置面積と機器のコストを大幅に削減するための、斬新で統合されたカンチレバー設計を提案する多数の論文を発表しました。論文では、たわみ感度を最適化し、共振周波数の任意の配置を実現し、統合された堅牢なマルチモード Q 制御を可能にする革新的なカンチレバー設計を含むトピックについて説明しています。テキサス大学ダラス校と共同で、ルパート博士は、統合された面内静電アクチュエータと電熱センサー、および AlN 圧電層を備えた最初のシリコンオンインシュレータ、シングルチップ、MEMSAFM も共同開発しました。面外作動および統合された偏向検知用。このアプローチは、AFM のコストと複雑さを大幅に削減し、現在のアプリケーションを超えてその有用性を拡大する可能性を秘めています。

この種の研究を行うには、これらの統合されたマイクロカンチレバーからのセンサー信号の取得と分析を可能にする高精度の測定機器を用意することが重要です。振幅ノイズスペクトル密度を決定することにより、共振時の熱ノイズ、カンチレバー追跡帯域幅、機器の電子ノイズフロアなど、カンチレバーシステムの重要なパラメータを取得できます。

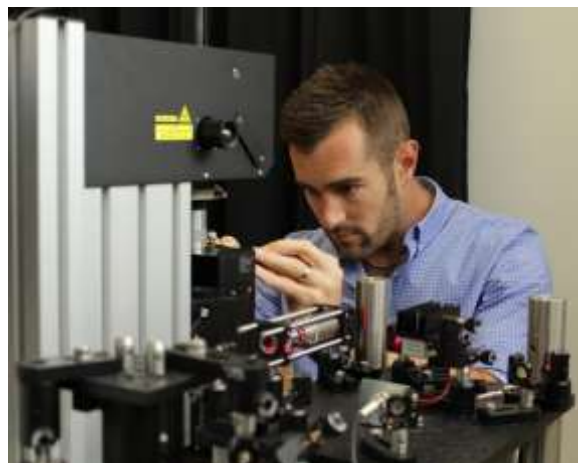


Figure 3 改造された原子間力顕微鏡でカスタムアクティブカンチレバーを調整するマイケル・ルパート博士

高精度のマルチチャンネル A/D ボード：



Figure 4 DN2.593-08 DigitizerNETBOX は、8 チャンネル 16 ビットで 40MS/s の同時サンプリングを可能にします

この目的のために、研究グループは、Spectrum 社のモデル DN2.593-08 digitizerNETBOX を使用しています。ユニットには 8 つの完全に同期されたデジタイザチャンネルがあり、それぞれが 16 ビットの解像度で最大 40 MS/s のレートで信号をサンプリングできます。制御とデータ転送のために、digitizerNETBOX は単純なギガビットイーサネットケーブルを介してホストコンピュータに接続します。

研究者のマイケル・ルパート博士は次のように述べています。「ここプレジジョンメカトロニクス研究室で行っている研究には、digitizerNETBOX のような測定ツールが不可欠です。この

ユニットを使用すると、システムのパフォーマンスを正しく特徴付けるために、複数の統合センサー領域の高解像度、低ノイズの測定を同時に行うことができます。」



Spectrum Instrumentation 社について

Spectrum 社は、Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH として 1989 年に設立され、2017 年に Spectrum Instrumentation GmbH に改名されました。最も一般的な業界標準（PCIe、LXI、PXIe）で 500 を超える デジタイザおよびジェネレータ製品を作成するモジュール設計のパイオニアです。これら高性能の PC ベースのテスト&メジャーメントデザインは、電子信号の取得・生成および解析に使用されます。同社はドイツの Grosshansdorf に本社を置き、幅広い販売ネットワークを通じて世界中に製品を販売し、設計エンジニアによる優れたサポートを提供しています。Spectrum 社の詳細については、www.spectrum-instrumentation.com を参照してください。