

ナノ構造を精密に測る

原子間力顕微鏡用の標準物質と精密形態計測



井藤 浩志

いとう ひろし

h.itoh@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門
活性種計測技術研究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

1998年旧電子技術総合研究所入所。2004年から産総研にて工業標準向けの原子間力顕微鏡 (AFM) 標準化の研究を開始し、走査プローブ顕微鏡 (SPM) をはじめとする走査型電子顕微鏡の高性能化のために、要素技術の開発や高精度なナノスケールの標準試料開発を行っています。開発した成果を広く普及するために、標準試料の実用化や、計測法の国際標準化を目指しています。

関連情報:

● 共同研究者

高野 明雄 (NTT-AT 社)、
竹中 久貴 (NTT-ATN 社)、
権太 聡、三隅 伊知子、高木 秀樹 (産総研)

● 参考文献

[1] H. Itoh *et al.*: *Rev. Sci. Instruments* 77, 103704 (2006).

[2] C.M. Wang *et al.*: *JJAP*, 47(7), 6128 - 6133, (2008).

[3] C.M. Wang *et al.*: *J. Nanosci. Nanotechnol.* 9 (2), 803 - 808, (2009).

● この研究開発は、JST 機器開発事業「AFM 探針評価標準試料の開発」の支援を受けて行っています。

原子間力顕微鏡での計測の現状

ナノメートルサイズの大きさをもつ材料やデバイスでは、その形状や寸法精度が機能発現に大きな影響を与えます。近年、ナノ物質を分散した材料がとて多く使われており、その分布や分散状態も材料全体の性質を決定づける重要な要素になってきています。これらを適切に分析する方法の一つが、原子間力顕微鏡 (AFM) で、光学顕微鏡では見ることのできない、数百 nm から原子構造までのナノ構造を、三次元画像として計測できます。しかし、数 nm から数十 nm のサイズの探針 (プローブ) を使用しているのでアーティファクト (形状誤差) が存在します。

精密な形態計測の実現

形状誤差を取り除いた、高精度なナノ計測を実現するため、標準物質を利用した探針形状計測システムや、走査システム校正用標準物質の作製方法を開発しました。開発したナノ構造作製プロセスでは、5 nm 線幅 (ハーフピッチ) までの寸法領域において、1 nm の精度 (バラツキ) をもつ標準試料を作製できます^[1]。

この方法を利用して、走査系の非線形性を補正できるスケール構造 (図 (a)) や AFM 探針形状測定用標準試料を作製しました。作製した標準試料 (プローブキャラクタライザー) を利用すると、AFM 探針の分解能を定量的に評価・表

示できます^{[1][3]}。図 (b) に示す、AFM 用プローブキャラクタライザーは、薄板ナイフエッジ (5 ~ 20 nm) を利用して AFM 探針の断面形状を計測し、サイズの異なる複数の間隙を利用して探針のアスペクト比の変化を計測する機能もっています。探針のアスペクト比をキャラクタライザーの AFM 画像から計測し、探針の幅と長さの関係を図 (c, d) に簡単に表示できます (探針形状関数)。探針形状関数により、ナノ材料形態の形状補正や、半導体のトレンチの深さ測定信頼性判定などを行うことができます。さらに、AFM の探針のさまざまな制御方法に応じて変化する実効探針形状、すなわち、探針制御を含んだ装置関数としての探針形状を高精度に決定できるようになりました。

ナノ計測機器の普及と高性能化

このような標準試料を開発した背景には、AFM が広く普及し、信頼性の高い計測結果が必要との要請があります。そのため、ISO TC201 SC9 (ISO 第201委員会・表面化学分析・プローブ顕微鏡) が発足し、プローブ顕微鏡標準化が開始されました。ナノスケール標準試料は、測長用電子顕微鏡 (CD-SEM) などの基準に用いられることも期待されており、この研究が、AFM などのナノ計測機器の適用範囲を広げ、標準試料とその標準化を通じて機器の高性能化につながることを期待しています。

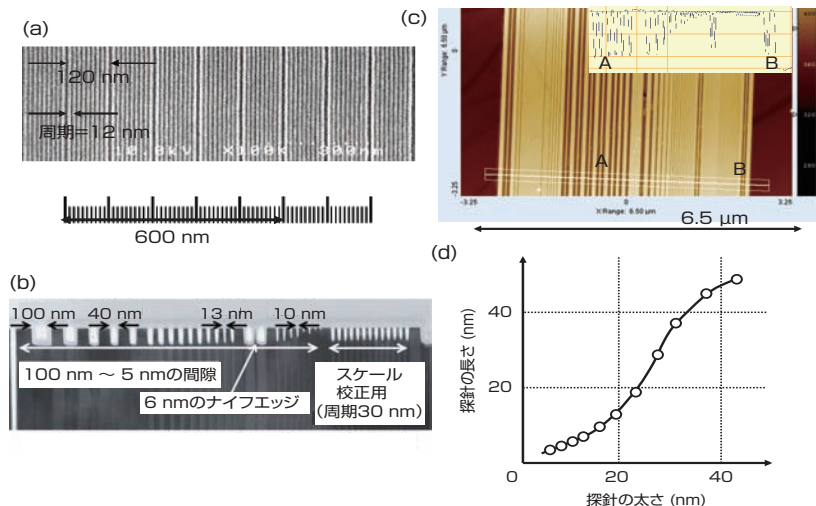


図 (a) 12 nm 周期の圧電素子の非線形性校正用グレーティングの走査型電子顕微鏡画像 (b) ナイフエッジ (6 nm) と櫛型構造を利用した AFM プローブキャラクタライザーの透過型電子顕微鏡画像 (c) キャラクタライザーの AFM 画像 (d) 定量評価のための探針形状関数表示