

DdProber 自己検知式 AFM 型ナノプローバ

DdProber : Self-sensing AFM type nano-prober

塩田 隆^(a), 天野佳之^(a), 中村靖宏^(b), 笠原朋一^(b)

R. Shioda^(a) Y. Amano^(a) Y. Nakamura^(b) T. Kasahara^(b)

^{a)}Wafer Integration 株式会社

^{b)}株式会社ヨコオ CTC 事業部

^{a)} WaferIntegration Inc.

^{b)} CTC(Circuit Testing Connector) Business Div. Yokowo Co. Ltd.

要約: 微細化する先端半導体デバイスのプロセス開発、立ち上げ、生産において、微細化した実デバイス自身への電気測定を可能にするナノプローバの重要性は増大している。しかし、日本で普及している SEM 式ナノプローバは、微細化に伴い、デバイスへの電子線損傷による性能劣化、残留炭化水素による電極面への焦げ付きに伴う接触抵抗の増大などの問題に直面している。これに対して AFM 式ナノプローバ、特に弊社ナノプローバの特徴である自己検知型 AFM のナノプローバ技術は、大気中での測定で、簡単な操作で測定できることから、大きな期待が寄せられています。今回、この自己検知式 AFM 式ナノプローバの優位性を強化し、今までの LabView ベースの制御システムを C 言語化し、より、一般的な FPGA と CPU を用いたシステムに作り替えたので、これを報告します。弊社は、この技術のキーデバイスであるカンチレバーの生産に対しても、自社開発に成功し、新規開発のカンチレバーにおいては、以前のものより剛性を上げることで、ノンコンタクト動作での測定もできることを確認しました。

Abstract: As the direct electronic testing tool for the shrinking semiconductor device, Nano-prober has the increasing importance for semiconductor device process development, integration and mass production. Conventional SEM type Nano-prober face the problems such as degradation with electron bombardment and increasing contact resistivity with burn-out of hydro-carbon. The AFM nano-prober can work in air, so it is so easy to use for its operation. With our new control system that is based on C instead from LabView as the programming language is more stable and more reliable. From this improvement, we can select the FPGA and CPU with more general-use and cheaper devices.

We have also developed the new cantilever that can be detectable with tapping mode as AFM.

キーワード: ナノプローバ、トランジスタ測定、故障位置の絞り込み、
Keywords: fault tracing, Nano-prober, Tr performance, fail-isolation

1. まえがき

故障解析における機能テストに代表される電気試験と TEM (Transmission electron microscopy) 試験に代表される物理解析とのボトルネックを埋める技術としてナノプローバによる実デバイスの電気特性評価の活用が広がっている。弊社は従来の SEM 式ナノプローバに比較して AFM 式ナノプローバ特に自己検知式ナノプローバの技術的な優位性に関して報告してきた。[1, 2, 3, 4]

自己検知型 AFM 式ナノプローバは、光でこの式には必須の光軸調整が必要ないため、メンテナンスフリーに特別なトレーニングを必要とせずに使えて、カンチレバー自身も MEMS プロセスでの量産化ができるなどの特徴から、産業利用に大きなアドバンテージがあるとみられてきた。これを製品として結実したものが今回ご紹介する WI3000 である。さらには、より産業応用として重要なウエハ対応ナノプローバの開発には、必須の技術であると確信している。

本報告では、使い勝手を向上させるために制御システムの改善と新規カンチレバーの自社開発、その新規カンチレバーを用いたノンコンタクト測定の可能性について説明する。

2. 新制御系とカンチレバーの開発

2.1 新制御系の開発

従来製品から使用プログラム言語を安定性を上げるため実験室で使われることの多いナショナルインストルメント製 LabView からより一般的な C 言語に変更し、これに伴い主要部品である FPGA も汎用性の高い Xilinx のものに変更することができるようになった。さらにコンパクト化できたので、ラックに入れてあった制御系をプローブの HW の課題の下に納めることにし、専有面積を減らすことができるようになった。

次表にまとめる。

顧客要求からの課題と改善

課題	解決方法	既存の制御装置	新規制御装置
システムの安定性	部品の変更 FPGA	NI社の試作用ボード	Xilinx社の汎用ボード
システムの安定性	部品の変更 CPU	汎用PC	専用CPUボード
システムの安定性	プログラム言語の変更	NI社のLabView	C言語
データ転送の遅さ	通信方法の変更	TCP-IPを用いたLAN	PCI express 専用バス
さらなる小型化	設置方法の変更	架台に収納	架台に収納 (専有面積30%削減)

Fig.1 Customer requirements and New system solutions

下記に新規制御系を実装した弊社ナノプローバのプローバ部の写真を示す。制御系は架台の赤線で囲った部分である。



Fig.2 H/W System photograph

今回の改造により、システムの安定性は格段に上がった。まず、C言語化することでLabViewの不安定性が減り、これに伴う通信方法のLANを使ったTCP-IP方式から専用バスを用いることで通信速度が30倍以上になり、汎用性のあるより大きな記憶容量を持つFPGAに変更することで、よりきめ細やかなプローブの制御が可能になり、次に述べるノンコンタクト動作も可能になった。

2.2 新規カンチレバー

産総研での共同研究の成果を盛り込む形でSiのMEMSカンチレバーの自社生産を開始した。

針先のSEM(走査型2次電子顕微鏡)像を示す。

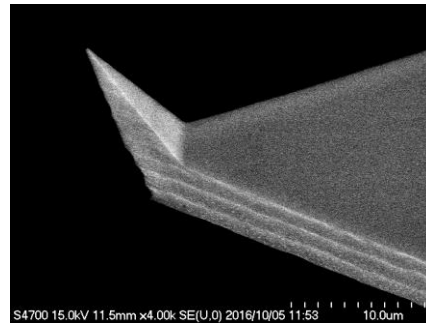


Fig.3 SEM image of New cantilever

新規カンチレバーに関しては、Tip Viewと呼ばれる針先を前に出す形状を強調することで近接電極へのコンタクトが簡単にできるようになり、微細化する顧客試料への対応を可能にしている。さらに、以前のカンチレバーではBowlingによる針先角度の不安定性があった1mmにおよぶビームを半分以下にすることで、針先角度を確実なものにし、ノンコンタクト動作が可能な剛性を得ることができた。

3. ノンコンタクト動作

AFM式ナノプローバでは、表面の電気的な情報を得るためにコンタクトモードでのAFM観察が普通であった。しかし、微細化の結果としてより細かなデバイスへのコンタクトが求められ、それに伴い針先の先鋭化が進み、針先、デバイスとも壊れやすくなっており、よりソフトなコンタクトが求められています。動作は表面の電気的な情報は失われるが、針先の摩耗、試料へダメージを最小化できるので、最新デバイスではノンコンタクト動作が求められていくと考えている。

今回、新規のカンチレバーの開発により、90kHz程度の固有振動数でカンチレバーを安定的に振動させることができ、AFMの標準試料であるSi(111)の単原子層ステップのAFM像を取ることに成功したので下図に示す。

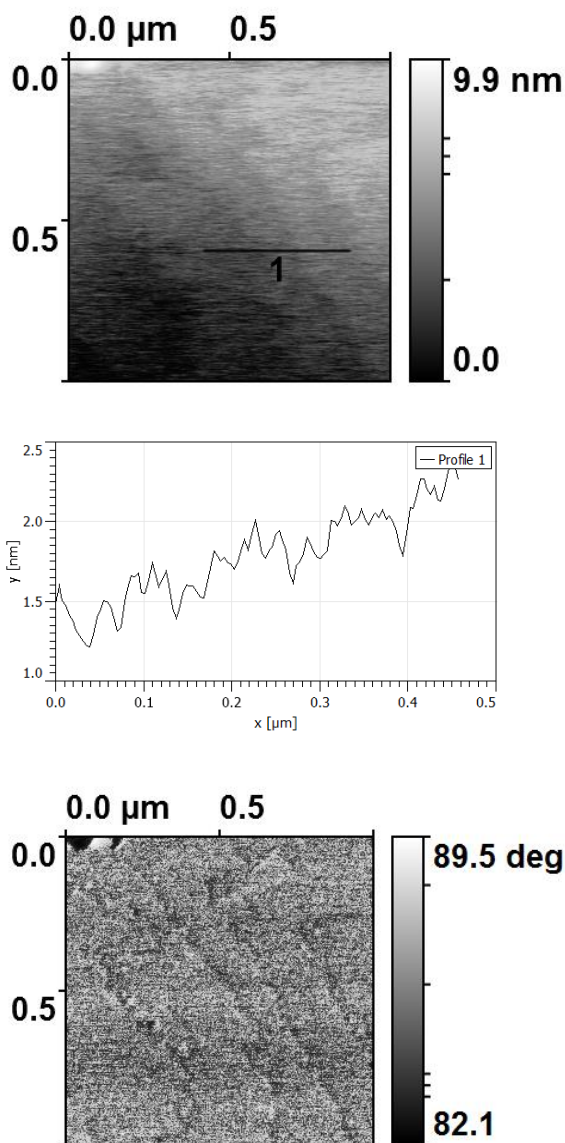


Fig.4 Si(111) AFM Topo image, Profile and Phase image

この結果から、ノンコンタクトモードで Si(111) の単原子層ステップ(0.31nm)の Z 方向の分解能があることが示され、先端半導体デバイスのナノプローバ測定に十分であることを示唆している。

4. まとめ

自己検知型 AFM 式ナノプローバの有用性に関して、数年来報告してきたが、今回は新規制御系とカンチレバーを紹介させていただき、これを用いたノンコンタクト動作の可能性を示した。

これらの結果からナノプローバにおいては AFM 式が有利であり、ノンコンタクト動作を含めたさらなる可能性を示すことができた。

謝辞

本実験は、NEDO のイノベーション実用化開発費助成を受けています。また、産総研ベンチャーとして、ご支援いただいた産業技術総合研究所、特にナノエレクトロニクス部門、金丸元部門長、安田現部門長、安藤主幹研究員、板谷主任研究員、大平主任研究員、長尾主任研究員に、さらにはプロジェクトにご賛同いただき、サポートしていただいている三友製作所、(株)シグマテック、(株)ビーエヌテクノロジー、(株)テクトス、N-point 社の尽力に感謝します。

Table 1 Operation time of Nano-prober

参考文献

- [1] 塩田隆、大木敦己、天野佳之、“自己検知型 AFM 式ナノプローバによる 22nm SRAM 評価”，ナノテストングシンポジウム資料, Nov. 2013
- [2] 塩田隆、大木敦己、天野佳之、“自己検知型 AFM 式ナノプローバの開発”，第 32 回 LSI テスティングシンポジウム資料, Nov. 2012
- [3] 塩田隆、大木敦己、天野佳之、“自己検知型 AFM 式ナノプローバの開発”，ナノテストングシンポジウム資料, Nov. 2014
- [4] 塩田隆、池澤一浩、天野佳之、中村靖宏、笠原朋一、“DdProber 自己検知式 AFM ナノプローバ”ナノテストングシンポジウム資料 Nov.2015