

平成18年度実施方針

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 件名：プログラム名 ナノテクノロジープログラム／ナノ加工・計測技術
(大項目) 3Dナノメートル評価用標準物質創成技術

2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号

3. 背景及び目的・目標

本プロジェクトは、21世紀の革新的技術として、情報、環境、安全・安心、エネルギー等の広範な分野の基盤技術である材料技術を根幹から変貌させることが期待されるナノテクノロジー(物質の構造を超微細に制御・加工・計測することにより、機能・特性の向上や新機能の発現・高度化や産業技術への架け橋となる材料技術)の基盤的研究開発を行いつつ、得られた成果等の知識の体系化を図ることを目的とする「ナノテクノロジー」プログラムのうちナノ加工・計測技術の一環として実施し、ナノ構造の寸法や厚さを測定する技術の高精度化及びそこに用いられる計量標準の確立を図ることにより、ナノテクノロジーの展開・発展のための知的基盤整備を推進することを目的とする。そこで、本プロジェクトにおいては、以下の研究項目及び目標を設定し、研究開発を実施することとする。

研究開発項目「3Dナノメートル評価用標準物質創成技術」

平成18年度達成目標(最終目標)

(1) 面内方向スケール校正用標準物質創成技術

- ・最小目盛り25nm以下の面内方向スケール校正用標準物質を開発する。
- ・国家長さ標準にトレーサブルで、かつ、不確かさ0.1nm以下で校正が可能なレーザー干渉計を用いた面内方向スケール校正用標準物質校正技術を確立する。

(2) 深さ方向スケール校正用標準物質創成技術

- ・深さ方向に10nm程度以下の単位構造を有する深さ方向スケール校正用標準物質を開発する。
- ・国家標準へのトレーサビリティを確保しつつ、不確かさ1分子層以下の深さ方向スケール校正用標準物質校正技術を確立する。

なお、プロジェクト第3年度終了時点までの研究成果として、研究開発目標の一部の特性あるいは機能を有する物質あるいは材料については、少なくとも1点を試用に供し得る段階まで作製し、企業、大学等の外部機関に対して試料を提供するものとする。

4. 実施内容及び進捗(達成)状況

独立行政法人産業技術総合研究所 計測標準研究部門 先端材料科長 小島勇夫をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施している。

平成17年度の進捗(達成)状況

(1) 面内方向スケール校正用標準物質創成技術の研究開発

①AFM(原子間力顕微鏡)とレーザー干渉計を駆使した高精度評価技術の開発

面内方向スケールを評価するための高精度計測・校正装置、トレーサブルAFM(Traceable Atomic Force Microscope, T-AFM)の開発を行っている。試作したAFMコントローラの制御プログラムを開発し、3次元プローブスキャナ、測長用3軸レーザー干渉計、原子間力検出ユニットが連携して動作するためのインターフェースを開発し、動作確認を行った。

また、二次元グレーティングの国際比較への参加を通して、ファインピッチ測定における不確かさを低減できるピッチ解析法を検討した。さらに、波長 193 nm の深紫外レーザーによる光回折式ピッチ校正装置において、屈折率データベースのない 193 nm 波長を直接校正する波長校正装置を製作し、動作確認を行うと共にシステムの自動化を行った。製品ベースの 100 nm ピッチ試料を、長さ標準へのトレーサビリティを確保しながら校正できることを確認し、測定の不確かさ評価を進めた。本システムにより 100 nm ピッチまでの実用的な供給が可能であることを確認した。

②面内方向スケール校正用候補標準物質の開発

電子線描画法によって作製された面内方向スケール(100, 60 nm ピッチ)を用いて国内持ち回り測定を行った。技術規約書が参加機関により承認され測定が開始された。2006年1月末現在で測定は残り1機関のみである。

面内方向スケールの認証標準物質頒布に先立ち校正サービス(依頼試験)の範囲を最小200 nm ピッチから 50 nm ピッチに拡大する要件を満たすため、面内方向スケール(100, 50 nm ピッチ)の二国間比較を行った。幹事は産総研、参加機関は独国物理工学研究所(PTB)である。技術規約書が国際度量衡局(BIPM)初め関係機関に承認され、2006年1月より比較測定を開始した。

GaAs/InGaP 超格子構造を有した面内方向スケール(25 nm ピッチ)のピッチ測定を行った。平均ピッチが 25.24 nm、拡張不確かさ($k = 2$)が 0.29 nm であった。測定の結果を受け、スケール配置を最適化した GaAs/InGaP 超格子のほかに Si/SiO₂ 超格子を利用した面内方向スケール(25 nm ピッチ)の設計・試作を行った。

(2) 深さ方向スケール校正用標準物質創成技術の研究開発

①高精度積層膜構造評価技術の開発

積層膜の膜厚を値付けするためのトレーサブル XRR(X 線反射率測定装置)の角度走査の不確かさについて検証し、1秒以下の不確かさで校正可能であることを確認した。また、アバランシェ効果を利用した反射 X 線強度検出システムを付加し、減衰機構を利用しない広ダイナミック測定を可能とするとともに測定中における候補標準物質のパーティクル等による汚染を防ぐための環境整備を行った。

シリコン系極薄酸化膜の膜厚評価に対してアジアパシフィック地域における国際比較を主導した。更に VAMAS の枠組みにおける、XRR を用いた膜厚評価の国際比較に GaAs/AlAs 超格子候補標準物質が採用された。

②深さ方向スケール校正用候補標準物質の開発

シリコン酸化物の薄膜候補標準物質の供給に向けた作製法・保管法に関して、酸化膜成長の高速化のために毎分 1 リットル供給の世界最大級のオゾン流量増大装置を開発した。各種制御雰囲気における安定保管法の検討を行い液中保管による試料の長期安定保管・清浄輸送方法を開発した。また試料が汚染された場合の試料表面清浄化方法について加熱法・オゾン処理法・オゾン水洗浄法等の検討比較を開始した。

事業規模の推移(百万円) :	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	355	241	515	309
特許出願件数(件)	9	8	6	1
論文発表数(報)	16	21	9	9
フォーラム等(件)	0	1	0	0

5. 事業内容

独立行政法人産業技術総合研究所 計測標準研究部門 先端材料科長 小島勇夫をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。

(1) 平成18年度事業内容

各研究開発課題において得られる成果に対し、その実用化・事業化における波及効果を見極めるための評価試験を、企業、大学等の外部機関に対する外注を含め、必要に応じ適宜実施する。

①面内方向スケール校正用標準物質創成技術の研究開発

国内持ち回り測定(100, 60 nm ピッチ)及び二国間比較(100, 50 nm ピッチ)の測定がすべて完了したのち最終報告書をまとめる。収集した AFM プロファイルから平均ピッチを高精度かつ効率よく解析するソフトウェアを制作し、H17 年度に高度化した T-AFM 等を用いて、候補標準物質(GaAs/InGaP 超格子構造、Si/SiO₂ 超格子構造からなる面内方向スケール(25 nm ピッチ))に値付けを行う。校正環境の変動と不確かさ要因の相関関係について調べ、より定量的な不確かさ評価を行うことにより、校正作業のスループットを最適化する。また、候補標準物質の長期安定性について調べると共に、複数ユーザーに試験提供して校正作業のし易さ等を調査することにより、一般ユーザーの視点に立った標準物質の使用マニュアルである校正技術基準を確立して標準物質として完成させ、最終目標を達成する。

②深さ方向スケール校正用標準物質創成技術の研究開発

X 線、電子線などのビーム技術を駆使した高精度積層膜構造評価技術の開発を継続し、トレーサブル XRR(X 線反射率測定装置)を中核とした膜厚の値付け方法を確立する。化合物半導体系標準物質として GaAs/AlAs 超格子、シリコン半導体系標準物質として SiO₂/Si 極薄膜の候補標準物質の生産を続けるとともに、値付けを行う。また、安定性と保管条件を定義するために試料保管時の雰囲気とその表面の汚染状況の関係を明らかにする。

これらに加えて、試験的な試料の配布や国際比較を通じて得られた情報を基に校正技術基準を確立して標準物質として完成させ、最終目標を達成する。

③国際シンポジウムの開催

開発した高精度ナノ構造評価技術、高品質極薄膜作製技術、標準物質を周知・普及させるとともに、ナノテク標準に対する最新のニーズを調査する目的で、国際シンポジウム(SMAM2:「ナノテクノロジーの展開に向けた極微スケール標準物質と評価技術」第2回国際シンポジウム)を開催する。

(2) 平成18年度事業規模

一般会計 : 286 百万円

(注) 事業規模については、多少の変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 評価

NEDO 技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成19年度に実施する。

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO 技術開発機構は、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的および目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

プロジェクト基本計画、本実施計画、プロジェクト詳細目標に基づき、研究開発の運営・管理を行う。なお、本プロジェクト年度計画は、研究開発の進捗状況等により適宜見直しを行う。

ナノテクノロジープログラムにおけるプロジェクトとして、その他プロジェクトとの連携を図る。

(3) 年間スケジュール：

平成18年2月23日 部長会付議

(別紙) 事業実施体制の全体図

「ナノテクノロジープログラム
ナノ加工・計測技術

3Dナノメートル評価用標準物質創成技術」実施体制

