

研 究 成 果

<p>サブテーマ名：3-1 高精度位置決め状態分析技術の開発 (X線マイクロビームによる局所領域ナノ構造評価技術の開発)</p>
<p>サブテームリーダー(所属、役職、氏名) 放射光ナノテク研究所 (コア研究室) 所長 松井 純爾</p> <p>研究従事者(所属、役職、氏名) 放射光ナノテク研究所 横山 和司、竹田 晋吾 兵庫県立大学大学院物質理学研究科 竈島 靖、津坂 佳幸</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要 ナノコンポジット材料をはじめとする多くの物質に対して X 線マイクロプローブを所望位置に高精度 (サブミクロン) 照射させ、回折、散乱、蛍光等の構造情報 (歪み分析、凝集構造のゆらぎ、組成ゆらぎ等) を得る分析法は、様々な材料開発において必要とされるツールである。たとえば、ナノ粒子マトリクス界面の局所的凝集構造や、ナノ材料によるパターン化表面、などでは所定の場所以外に X 線ビームが照射されることを避けながら所望の箇所の分析を行う必要がある。本テーマでは、この放射光利用の X 線マイクロビーム (またはサブミクロンビーム) による局所 X 線分析に対し、所定位置に確実にかつ迅速に X 線マイクロビームを照射するための高精度位置決め技術、およびこれの制御システムを研究開発するものである。具体的には、本テーマにより高輝度放射光をミクロン～サブミクロンレベルの精度で所望の位置に迅速に照射可能とし、局所的構造情報を確保する技術を開発し、兵庫県ビームラインおよび関連するビームラインによるナノ材料の評価体制を完成させる取組を行う。</p> <p>②研究の独自性・新規性 局所評価技術を求める多くのユーザから、評価位置決定の信頼性、迅速な位置決めが要求されるものの、従来手法では絶対的な位置決めが行えなかった、あるいは位置決めの手順が複雑となる問題があった。このような問題のブレークスルーが放射光の産業利用を拡大する上で重要なポイントとなっていた。特に高精度かつ迅速に X 線マイクロプローブの位置決めを行う手段は従来無く、新たな要素技術を組み合わせることでこれを構築することは、スループット性が高く同時にデータの信頼性が確保される新しい分析法を実現することとなる。また、これまでに NPC 研究で開発した高性能分析手法と組み合わせることで、より広範囲のナノ材料分野における開発プロセスに寄与することが可能となる。</p> <p>③研究の目標(フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に) フェーズ 1： 高精度位置決め装置の試作 X 線マイクロプローブの位置決めを、プローブサイズの約 1/10 の精度で所望位置に照射するための方法を考案する。これと、集光光学系、精密駆動ステージで構成する分析システムの基本設計を行い、これの試作を行う。</p> <p>フェーズ 2： X 線集光システムの整備と実試料による実証実験 高精度位置決め状態分析技術の要素技術の 1 つである、集光光学系 (ゾーンプレート) のシステムを整備し、数ミクロン～10 ミクロンの X 線マイクロプローブを形成する (兵庫県ビームライン BL24XU)。また、性能評価用の試料として、半導体の微細配線加工技術を用い、シリコン等の基板上にミクロンオーダーのサイズで形成される微細パターンを有するものを準備する。このパターンを用いた位置決め精度の評価方法を検討する。以上により実験を行い、位置決め精度として数ミクロン以下が得られることを目標とする。 ナノ粒子で形成される微細配線パターン等の評価に本システムを適用する。</p> <p>フェーズ 3：ナノ材料利用への応用展開 NPC ユーザを含め、広く産業界において高精度位置決め状態分析技術のニーズ調査を行い、ナノ材料開発分野においてユーザの開拓と新しい研究体制の構築を進める。</p>

研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）

フェーズ1： 高精度位置決め原理を考案し、装置の基本設計を完了した。具体的には、精密X線分析にはステージ主軸、試料上の測定位置、X線マイクロビームの全ての位置を一致させる必要があるが、これを実現するためにX線ビームをレーザープローブに置き換え、ステージ操作時に試料上で光軸（レーザープローブ）位置がドリフトするのを顕微カメラシステムで定量的に捉え、これをステージ補正としてフィードバックして確実に位置合わせを行い測定するためのアルゴリズムを考案した。またX線マイクロビームの可視化において、レーザー素子等の材料として使用される半導体材料に注目し、X線照射実験により、ビームサイズ程度の発光領域であることを確認。発光中心の位置を決定することでビームサイズ以下の精度での位置決めが可能となることを実証した。以上を基にして精密装置の製作実績とノウハウを保有するメーカーと共同で試作システムを設計し、これの製作を行った。

フェーズ2： 高精度位置決め状態分析を整備する兵庫県ビームライン BL24XU について、マイクロ SAXS、マイクロ X 線回折の導入に向けた改造を行った。集光光学系に関しては、分光器の開発が遅れており、高精度位置決めの実証実験も含めて継続課題として残る。評価用試料としては、Au ナノ粒子溶液のインクジェットパターン形成技術によって微細構造を形成した半導体基板を、X 線分析とレーザーラマン分析との比較測定と兼ねて試作。同時にナノ粒子の微細パターン形成が、精密位置決めの新しい要素技術となりうることを確認、新たな精密位置決め法を実証することができた。

フェーズ3： 装置開発と並行し、高精度位置決め状態分析技術の新たな応用分野を調査。NPC技術を活用した新たな研究展開を計画。

主な成果

具体的な成果内容：

本研究の取り組みにより、ミクロンオーダーの位置決め精度を有する、信頼性高い局所分析技術の分析装置を兵庫県ビームラインにおいて利用提供できる環境を実現できた。今後、新たな材料研究分野（ライフサイエンス、生活製品、医療材料）での研究活動を展開可能となった。

特許件数： 2件 論文数： 1件（予定） 口頭発表件数： 0件

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

国内外の放射光施設およびラボ装置を含めて本研究のような高精度位置決めを有する分析技術は無く、本技術の取り組みは、優れた高い技術力の蓄積となる。

2 実用化に向けた波及効果

本研究の技術を活用することで、ナノ材料分野における開発プロセスへの放射光利用が更に展開されるとともに、ラボ装置へ組み込むことで装置事業化の展開も図ることができる。

残された課題と対応方針について

X線マイクロビーム光学系が開発が完了していない。このため、早期利用開始に向けて光学系改良を進め、実ビームでの性能実証を2008年度内において完了する。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	小計	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	小計	
人件費	2,110	6,199	10,035	17,102	5,931	4,402	45,779	0	1,777	0	0	0	0	1,777	47,556
設備費	0	0	0	0	39,551	0	39,551	35,000	690,000	0	0	0	0	725,000	764,551
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	0	2,906	6,501	26,437	954	1,004	37,802	0	7,000	0	0	0	0	7,000	44,802
旅費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	0	223	223
小 計	2,110	9,105	16,536	43,539	46,436	5,406	123,132	35,000	699,000	0	0	0	0	734,000	857,132

代表的な設備名と仕様 [既存（事業開始前）の設備含む]

J S T 負担による設備：マイクロビーム利用精密位置決め装置

地域負担による設備：