

事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年9月29日

評価委員：（敬称略、順不同）

宇田川康夫 東北大学多元物質科学研究所 教授 （主査）
 市野瀬英喜 理化学研究所フロンティア研究システム 客員主管研究員
 雨宮慶幸 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
 坂田 誠 名古屋大学大学院工学研究科 教授

記入年月日：平成18年12月27日

課題名	高輝度光による埋もれたナノ構造の解析法の開発と材料研究への応用
研究責任者名及び所属・役職	桜井健次 材料研究所 高輝度光解析グループ ディレクター（現在：量子ビームセンター 放射光解析グループリーダー）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成16年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：45百万円、外部資金：0百万円 参加人数：（平成17年度）4人（専任：2人、ポスドク：1人、外来：1人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的及び具体的な研究目標：</p> <p>ナノ材料科学においては、表面に露出しているものばかりではなく、何がしかの物質によって覆われた「埋もれた」ナノ構造を扱う必要がある。また人工的に形成された積層構造の各層や各界面は、常に上層に「埋もれた」状態にある。通常の顕微鏡的な方法による直接観察ができないため、非破壊的な方法としては、X線および中性子等の量子ビームによる解析技術が有力である。特に反射率法は、深さ方向の内部構造、具体的には各層の膜厚、密度、また各界面のラフネスを非破壊的に求めることができ、また半導体・電子材料からソフトマテリアルまで、結晶・非結晶の区別なく広範な材料に適用できる点で優れている。本研究では「埋もれた」ナノ構造を見ることのできる高度な計測・解析技術を開拓することを目的として、次の通り、研究目標を設けた。</p> <p>(1) X線反射率法の理論・データ解析法に関する検討、特にこれまで不問に付されてきた多層膜モデルへのフィッティングの諸問題の検討およびモデルフリー解析法に関する検討</p> <p>(2) 試料を動かさない状態で、角度走査を行うことなく、迅速にX線反射率を測定することにより、表面および埋もれたナノ構造のリアルタイム解析を実現する新技術の検討</p> <p>(3) 高輝度光による新しいX線イメージングに関する検討、具体的には、当グループが世界に先駆けて発明し、内外で好評を博している反射投影型の蛍光X線・X線回折・XAFS顕微鏡技術による新しい材料研究に関する検討（コンビナトリアルイメージング等）</p> <p>(4)</p> <p>研究計画概要：</p> <p>表面に露出していない、いわゆる「埋もれた」ナノ構造の解析に関連する技術開発と材料研究、特に多層膜やナノ粒子の制御・創製技術への応用を行う。当グループはX線反射率法関連でフーリエ変換による干渉解析法等、これまでもオリジナルな成果を多数挙げ、高い国際競争力と研究コミュニティ指導力を有している。埋もれた界面や量子ドット等のナノ構造評価の精度向上をめざすほか、X線反射率プロファイルのリアルタイム計測等、未踏の実験技術にも挑戦する。本法関連での研究拠点の整備計画に関して高エネ機構と協力を行うほか、全国から約50名の研究者の参加するPF懇談会X線反射率ユーザーグループを中心に応用志向の共同研究を組織する。このほか、良好な成果が得られ、国内外から好評を博しているX線イメージングの研究を継続する。</p>

<p>【全研究期間の成果等 (研究全体)】</p>	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）： 反射率のモデルフリー解析法として、ウェーブレット変換を用いる方法を提案し、特定の界面に着目した解析への有効性を示した。また多層膜界面において「ラフネス」として機械的に片付けられがちであった界面の不完全性が、密度傾斜としてよく説明される場合が多くあることを示した。さらに、試料を動かすことなくX線反射率を迅速に測定することのできる装置を開発、完成させ、試料温度による構造変化を反射率データとして取得できることを示した。またX線イメージングに関しては、1枚の基板に多様な作成条件で合成された試料を配列させて高効率にスクリーニングを行う技術（コンビナトリアル材料合成）や残留応力分布の迅速測定により原子カプラント等の構造材料の安全性評価に応用する技術に関する検討を行った。「埋もれた」ナノ構造の研究を新しい科学として研究推進しようとする機運は高まり、2004年夏(PF・KENS合同研究会)、2005年春（応用物理学会シンポジウム）にそれぞれ全国規模のワークショップが開催され、2005年秋には応用物理学会の新領域グループ（「埋もれた」界面のX線・中性子解析グループ、代表桜井健次）も発足し、2006年からは科研費（基盤C）による企画調査も始まった。X線反射率法による薄膜・多層膜の膜厚決定法についての国際標準化の要請に応え、2005年秋から VAMAS プロジェクト TW2/A10 に参画し、国際ラウンドロビントも行った。その他、イメージング関連では独法の委託研究や民間企業の資金提供型共同研究も実施した。</p> <p>論文：2.0件*、プロシーディングス：4.0件*、解説・総説：25.1件*、招待講演数：12.4件*（*：研究の寄与率を考慮した平成16-17年の値） 特許出願：8件、登録：4件、実施許諾：0件</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメ ン ト お よ び 評 価 点</p>
<p>マネジメント 実施体制 (サブテーマ間関係、外部との共同研究の有効性)</p>	<p>コメント： 中期計画推進プログラム2年間という短期間と少人数のスタッフを考えると、サブテーマの多さに考慮が必要であったのではないかと。あるいは、サブテーマ数を削減しない場合には、スタッフ数を増やすか、機構内共同研究グループを活用することも考えるべきであった。迅速X線反射率測定装置が完成していることから、マネジメントには特に問題はなかったと判断される。外部との共同研究や連携は比較的よくなされている。</p>
<p>* 評価点（10点満点）：6 評価基準 9点：研究の効率向上に明確に寄与している 7点：よく考えられている 5点：平均的な体制 3点：もう少し考慮の余地があった 1点：プロジェクト遂行の支障となった</p>	
<p>アウトプット (論文、特許等の直接の成果。費用対効果を考慮)</p>	<p>コメント： 研究の寄与率を考慮した論文数は少ないが、本研究は装置の開発的側面が強いので、論文数が少ないことはやむを得ない。招待講演数や、レポート・ニュース類は非常に多い。特許の出願数や登録数もかなりある。少人数としては良くやっているのではないかと判断される。今後は、開発した手法・装置にマッチした対象（試料）を積極的に探索し、応用範囲を拡大してほしい。</p>
<p>* 評価点（10点満点）：6 評価基準 9点：質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている 7点：平均的水準より優れる 5点：平均的水準 3点：少ない 1点：問題がある</p>	

目標の達成度 その他アウトカム、波及 効果	コメント： 2年間という短期間で目標としていた装置が完成しているようなので、目標は達成されている。ただ、複数のサブテーマを並行して進めているので効率が悪く、個々の達成度は高くない。しかし、それぞれに自分のアイデアを持って取り組んでいることは高く評価されてよい。今後は目標をもう少し絞って取り組むのがよい。
* 評価点（10点満点）：6 評価基準 9点：一つの分野を形成した 7点：目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 5点：目標はなんとか達成された 3点：目標の部分的な達成 1点：目標達成にはほど遠い	
総合評価 研究全体に対する総合的な所見を記入。 また上記設定評価項目に含まれないその他の評価ポイントがあれば追加してコメント。	コメント： 本研究は小粒ながら費用対効果は良い。しかし、総花的ではなく、ポイントを絞った測定法の開発と具体的な応用を目指す必要がある。最終的に目的とするところが良く分からないと、研究全体の見通しが難しくなるし、競合する他の測定手法との優劣が分からず、説明の明確さがなくなる。推測するに、研究責任者は、装置開発そのものに興味があるのではないか。それはそれで良いのだが、装置が組みあがった後は、装置の応用に絡めた多方面との共同研究を考える必要があるように思う。本研究が物質・材料研究機構の第2期中期計画というステップへの準備段階とすれば評価できる。
* 総合評価点（10点満点）：6 評価基準 9点：すべての点において模範的に優れている 7点：総合的に優れている 5点：平均的 3点：期待されたほどではなかった 1点：税金の無駄遣いである	

なお評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

9、10 S
8 A+
6、7 A
5 A-
3、4 B
0～2 C

評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
A	A	A	A