

はじめに

表面や薄膜のナノスケールの化学分析は、現代の研究開発において重要な役割を果たしており、赤外(IR)分光法の化学的特異性と原子間力顕微鏡(AFM)のナノスケールの空間分解能を提供するツールに対して高い需要があります。これには以下 2 つのクラスがあり、一般にナノスケール IR または単に“nano-IR”として知られています。:

1. s-SNOM: scattering-type scanning near-field optical microscopy (散乱型近接場光学顕微鏡)
2. AFM-IR: atomic force infrared microscopy (PTE, PTIR, PiFM & PiF-IR 等とも呼ばれる)

どちらのアプローチも AFM と IR 照明を組み合わせた SPM 技術ですが、s-SNOM は AFM 探針によって散乱された IR 光を検出し、AFM-IR は AFM 検出器を使用して光に対するサンプルの機械的応答を測定します。どちらもナノスケールの IR イメージングと分光測定が可能ですが、独自の利点があります。以下では、同等の分解能をもち、AFM のタッピングモードで動作するタッピング AFM-IR と Pseudo heterodyne(PsHet)s-SNOM に特に焦点を当てて、それぞれの利点について説明します。主に中赤外、室温での材料科学アプリケーションについて比較します。

表 1 neaspec s-SNOM とタッピング AFM-IR の比較

	neaspec PsHet s-SNOM	タッピング AFM-IR ⁺
物質とアクセス可能な特性	あらゆる物質に対応: <ul style="list-style-type: none"> • 複素屈折率 (つまり反射率と吸収率) • 自由キャリア密度と導電率 • 光の振幅と位相 • キャリアダイナミクス (pump-probe) 	ソフトマテリアルが得意: <ul style="list-style-type: none"> • 赤外吸収
空間分解能	<ul style="list-style-type: none"> • 市販の金属コート AFM 探針で約 5-20 nm 	<ul style="list-style-type: none"> • 市販の金属コート AFM 探針で約 5-20 nm • 熱の拡散のためサンプルの構造に依存
深さ感度	<ul style="list-style-type: none"> • 制御可能: 復調回数とタッピング振幅により通常約 10-100 nm • 薄膜やキャップ層を介して測定可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 通常 50 nm 未満 • 使用するサンプルと手法によって異なる
分析能力	<ul style="list-style-type: none"> • 相対的な材料コントラスト(吸収率と反射率) • 従来の IR リファレンスによる分光学的同定 • 完全な定量性:確立されたモデルを用いて屈折率、吸収係数、キャリア濃度の抽出を実証 	<ul style="list-style-type: none"> • 相対的な材料コントラスト(吸収) • 従来の IR リファレンスによる分光学的同定 • 定量的な結果は示されていない
探針-サンプル間の力学と AFM パラメータの影響	<ul style="list-style-type: none"> • AFM イメージングパラメータに依存しない光学シグナル検出 	<ul style="list-style-type: none"> • 機械的な相互作用と光学的な相互作用がクロストークする可能性がある • 強固で安定した探針-サンプル相互作用が必要 (AFM 操作) • 測定は探針と環境条件に依存
適切な基板材料	<ul style="list-style-type: none"> • 高反射率の基板(Si, Au)による増強のメリット 	<ul style="list-style-type: none"> • 極薄サンプルを除き基質増強への依存度が低い • ガラスや他の IR に対して透明な基板上での測定に適している
装置の準備	<ul style="list-style-type: none"> • ほとんどのサンプルでシグナルがゼロではないため簡単にシステムセットアップが可能 • 干渉計のアライメントと検出器の冷却が必要 	<ul style="list-style-type: none"> • 未知のサンプルは難易度が高く、アライメントサンプルが有用
探針コンタミへの感度	<ul style="list-style-type: none"> • 低:ナノホットスポット内のみプローブ 	<ul style="list-style-type: none"> • 高:スペクトルにアーティファクトが発生し得る; neaspec のコンタミフリー探針で回避可能
IR 光源	<ul style="list-style-type: none"> • CW or 準 CW: QCL, OPO, ブロードバンド, 放射光 	<ul style="list-style-type: none"> • パルス: QCL & OPO

本記事のダウンロードリンク