ナノスケール熱伝導率センシング：フォノンスペクトロスコピー

Nanoscale Thermal Conductivity Sensing: A Tool for Phonon Spectroscopy

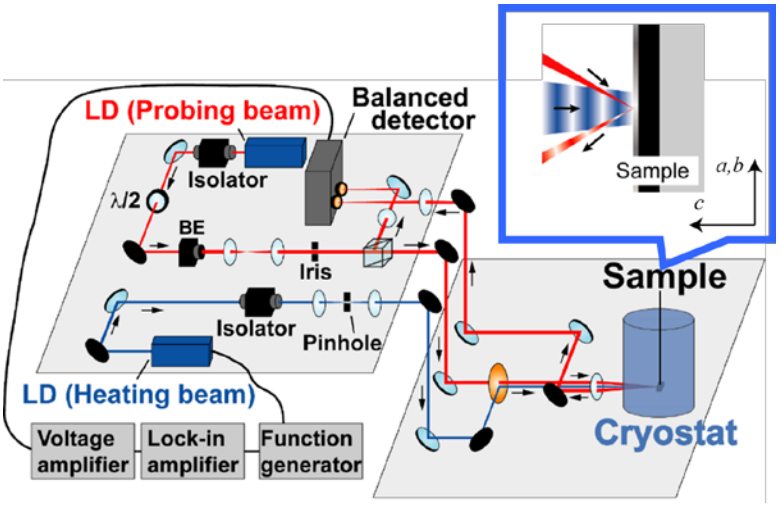
○長坂 雄次（慶大理工）
°Yuji Nagasaka (Keio Univ.)
E-mail: nagasaka@sd.keio.ac.jp

1．ナノ・マイクロ熱物性センシング

輸送物理量		熱物性センシング技術	熱物性値	空間分解能	時間分解能	必要サンプル体積	不確かさ	■高度化目標と工学応用
エネルギー	(a)	近接場(蛍光)光学熱物性顕微鏡	温度伝導率	～300 nm	-	-	±30 %	(1) 空間分解能の向上(＜100 nm), 高精度化(±10%) (2) ナノスケール温度伝導測定
	(b)	周期加熱サーモリフレクタンス法	熱伝導率	～1 μm	-	-	±20 %	(1) 空間分解能の向上(100 nm) (2) 高温超伝導薄膜の臨界点を含む極低温・強磁場下測定
	(c)	フォトサーマル赤外検知法	熱伝導率	～1 μm	-	-	±10 %	(1) 高空間分解能(100 nm) (2) 高熱伝導率ナノコンポジット薄膜測定
運動量	(d)	レーザー誘起表面波法	粘性率 表面張力	～10 μm	～10 ms	～1 mL	±10 %	(1) 非ニュートン流体Working Eq., 確立 (2) 非ニュートン流体のレオロジー性質の超高速測定法開発
	(e)	リプロン表面光散乱法	粘性率 表面張力	～100 μm	～100 ms	～1 mL	±10 %	(1) 観測リプロン短波長化(1 μm) (2) ナノバブルセンシング
	(f)	光MEMS粘性センサー	粘性率	～10 μm	～1 μs	～10 μL	±20 %	(1) 高感度化(アライメント精度の向上 ＜5 μm) (2) 流動場・振動場における粘性率センシング
物質	(g)	ソーレー強制レイリー散乱法	拡散係数	～10 μm	～1 ms	～100 μL	±3 %	(1) ソーレー係数測定原理構築 (2)タンパク質溶液等の結合輸送現象の測定
	(h)	光MEMS拡散センサー	拡散係数	～10 μm	～1 ms	～100 μL	±20 %	(1) 時間分解能の向上(＜100 μs), 高精度化(±5%) (2) Point of Care Testing (POCT)への応用
	(i)	近接場相関分光法	拡散係数	～100 nm	～1 μs	～$(100\text{nm})^3$	-	(1) レーリー散乱信号の高S/N計測 (2) バイオ・化学センシング

著者らの研究グループでは，上の表のようなナノ・マイクロレベルのエネルギー・運動量・物質輸送物性（熱伝導率，温度伝導率，粘性係数，拡散係数，ソーレー係数など）を包括的にセンシング可能なナノ・マイクロ熱物性センシング技術群を高度化（不確かさ・時空間分解能の飛躍的向上および計測パラメータの拡張）することによって，新たな工学的応用を開拓してきている。

2．周期加熱サーモリフレクタンス法による YBCO 薄膜の熱伝導率測定とフォノンモデル



開発した周期加熱サーモリフレクタンス法（左図）を用いて，YBCO エピタキシャル薄膜（250, 500, 1000 nm）の c 軸方向の熱伝導率を 5～300 K の温度範囲で測定した。測定結果をフォノン熱伝導モデルを用いて解析し，フォノン散乱要因の周波数依存性等について詳細に検討した。

© 2016年 応用物理学会