

# 動的に変化するナノ厚さ薄膜の リアルタイム可視化法

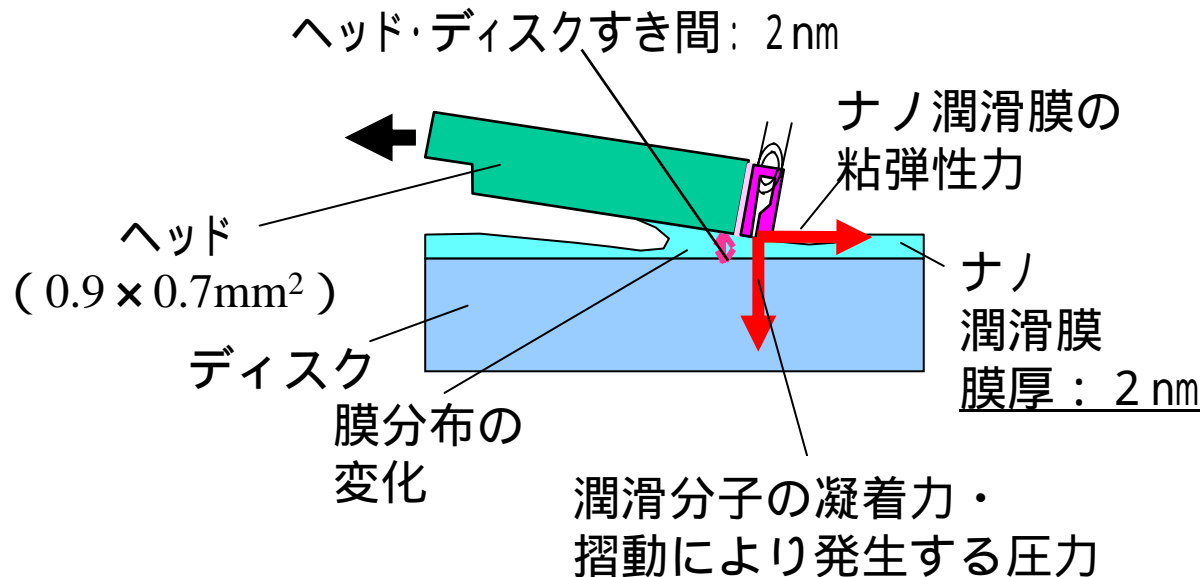
名古屋大学 大学院工学研究科  
マイクロ・ナノシステム工学専攻  
教授 福澤 健二

# 研究背景

ナノ厚さの液体・固体薄膜の形成・分布制御はマイクロ・ナノテクノロジーのキーとなる技術である。

- ・ハードディスクドライブにおけるnm厚さの液体潤滑膜
- ・半導体素子におけるフォトレジスト, 酸化シリコン絶縁膜
- ・自己組織化膜, LB膜など, 単分子厚さの機能薄膜

## 次世代HDDにおけるnm厚さ液体膜による潤滑



# 研究背景

液体・固体薄膜の形成・分布制御には、膜厚分布の可視化が有効

従来のナノ厚さの液体・固体薄膜の可視化法

可視化法	高さ(膜厚)分解能	面内分解能	リアルタイム観測
プローブ顕微鏡	サブ	サブ	× (要プローブ走査)
エリプソメトリ顕微鏡	サブ	10 $\mu$ m	

# 研究背景

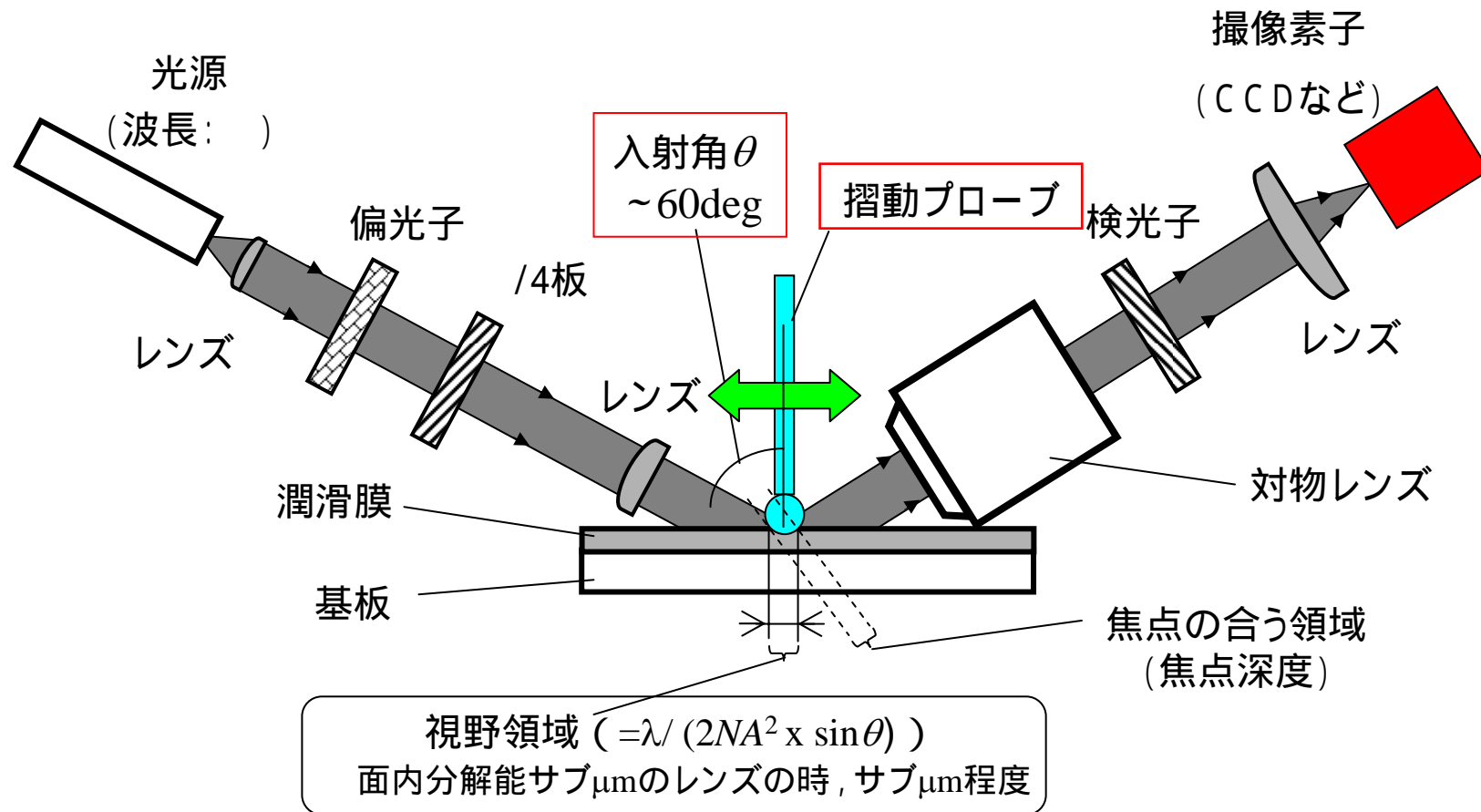
従来法では、高分解能なリアルタイム可視化は困難

エリプソメトリー顕微鏡に着目

- ・エリプソメトリー(偏光解析法)の原理を生かした光学顕微鏡の一種
- ・高い膜厚分解能を生かして、像として一括して膜分布を取得
- ・面内分解能を向上させれば、リアルタイム可視化へと発展の可能性

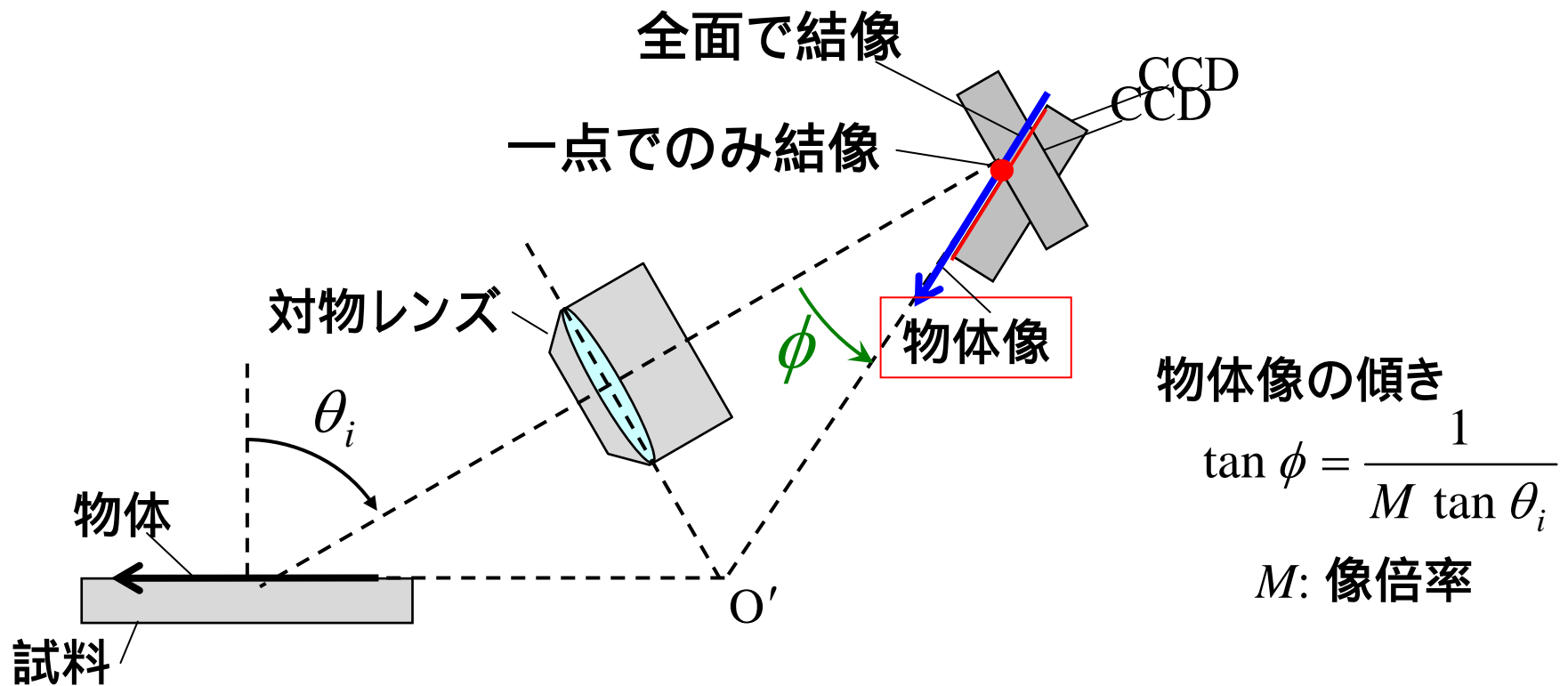
# 新技術の基となる研究成果・技術

## 従来型のエリプソメトリー顕微鏡



- ・試料表面での屈折率(膜厚を反映)による偏光状態を明暗に変換し, 像として一括取得
- ・観測点へ摺動子などプローブを挿入する空間を確保可能
- ・しかし, 視野の狭小化のため, 従来法の面内分解能は高々 $10\ \mu\text{m}$

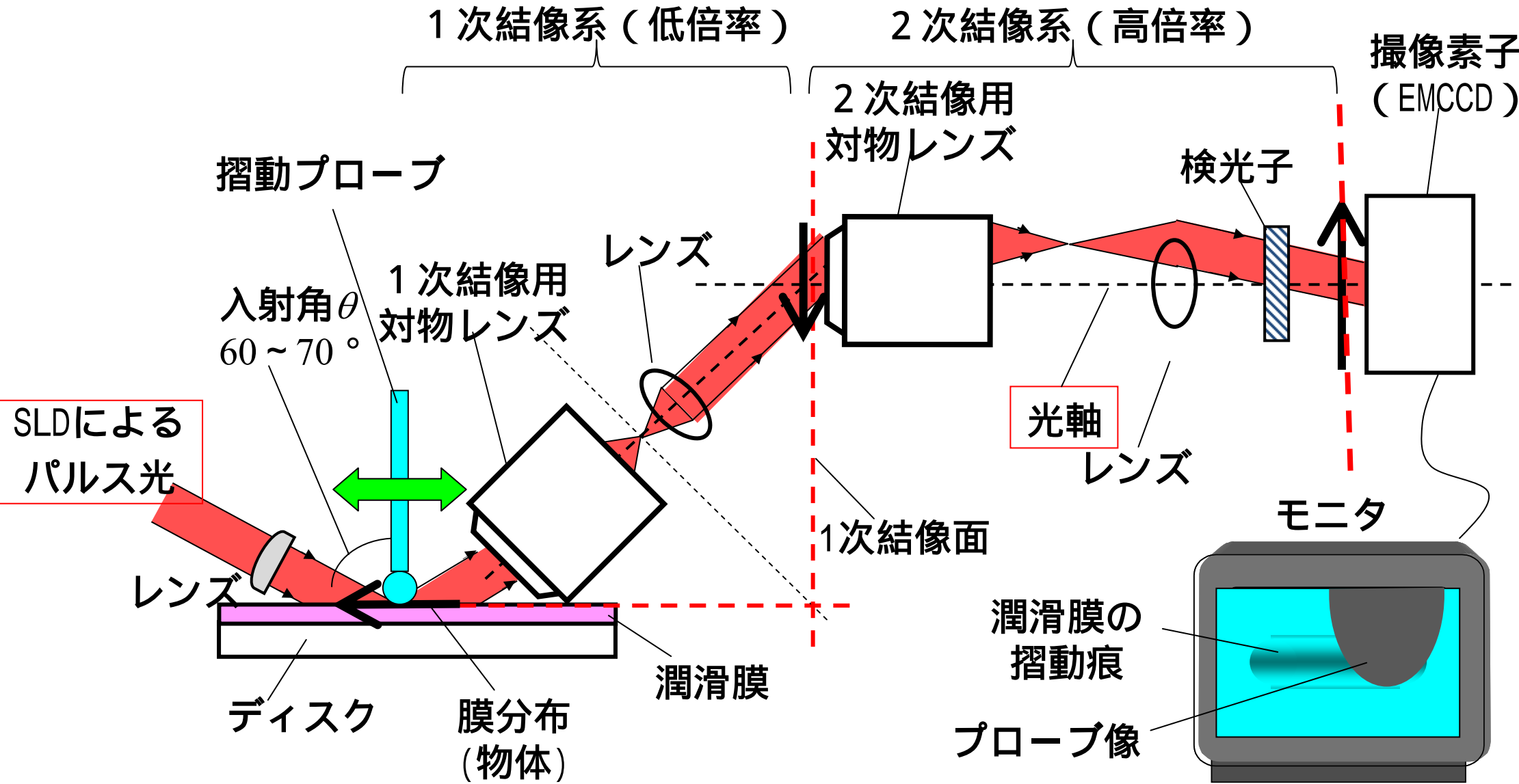
# 像倍率と物体像の傾きの関係



例:  $\theta_i = 65 \text{ deg}$ ,  $M = 100$ の時,  $\phi = 0.27 \text{ deg}$

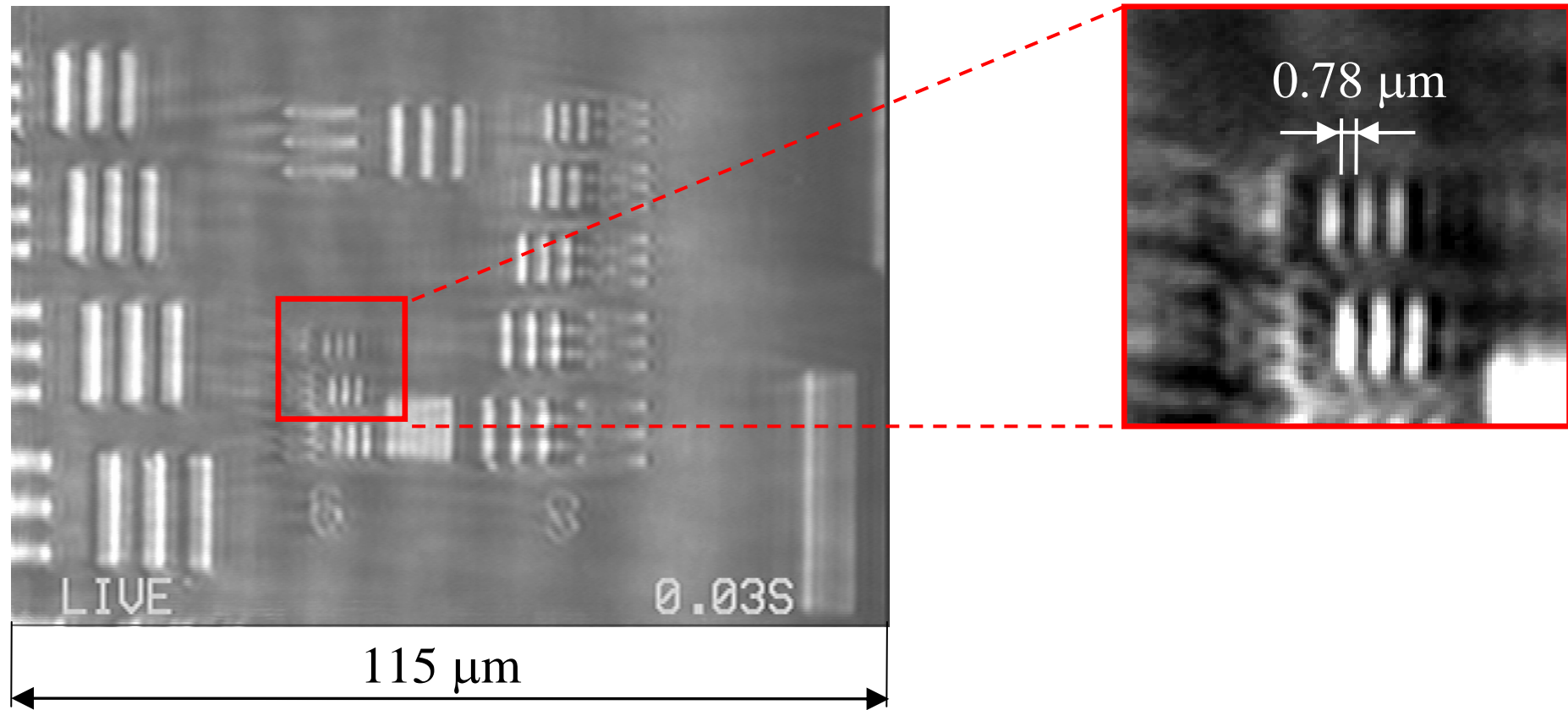
倍率を上げるほど, 物体像は光軸に平行になり観測が困難  
(撮像素子を斜めに配置することでは対応困難)

# 開発した2段結像型エリプソメトリー顕微鏡



膜像を低倍率で空間に結像させ、2段目の結像系で高倍率で観測

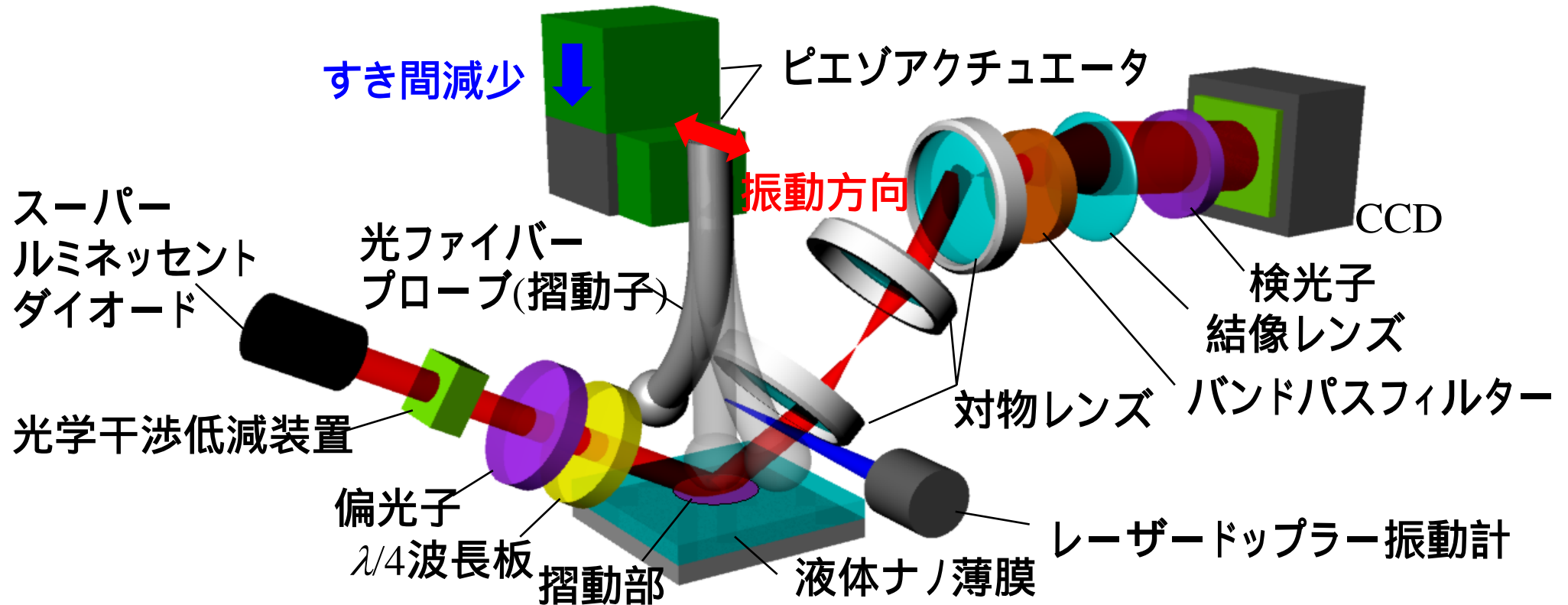
# 面内分解能と視野領域の検証結果



100 × 100  $\mu\text{m}^2$ 以上の視野を確保した上で, サブ  $\mu\text{m}$ の分解能を達成



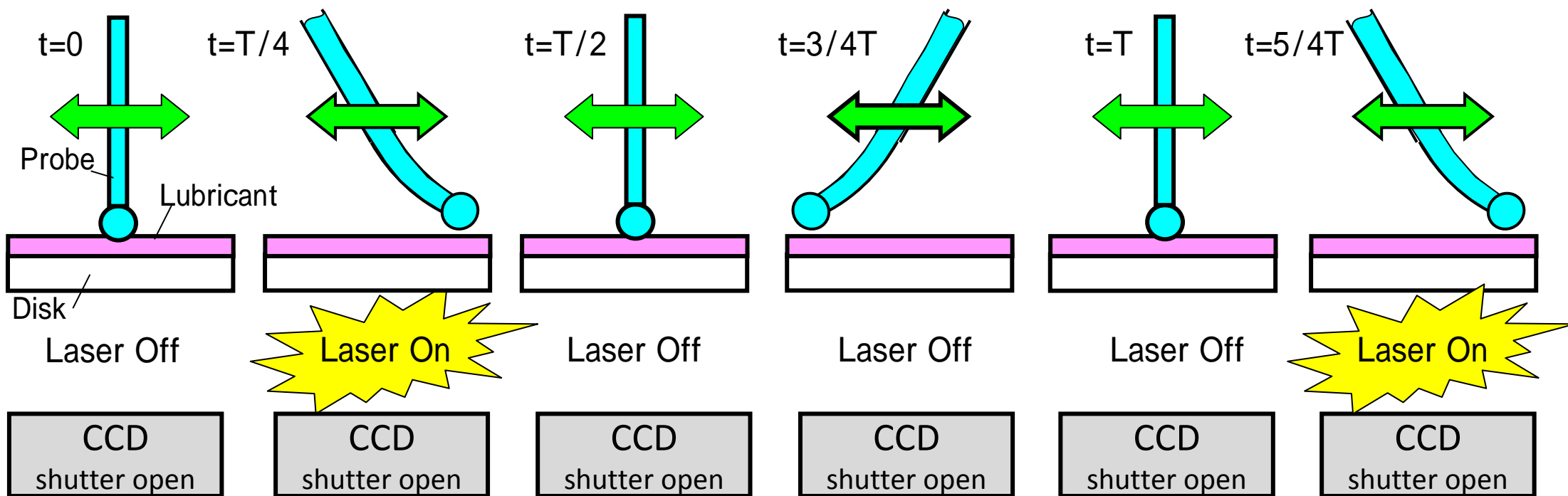
# ストロボ撮影による摺動時の液体ナノ薄膜の可視化



摺動と同期したストロボ撮影により、摺動直後の液体ナノ薄膜を可視化

# ストロボ撮影による摺動時の液体ナノ薄膜の可視化

→ t

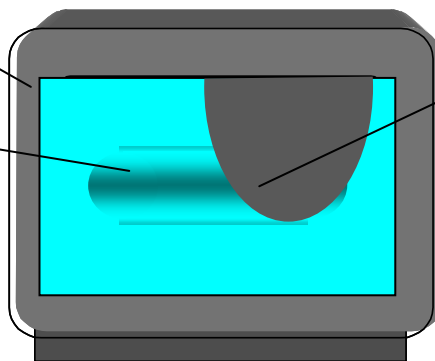


モニタ

プローブ像

潤滑膜の摺動痕

(CCDの露光時間の画像を加算)



振動周波数: 5.74 kHz

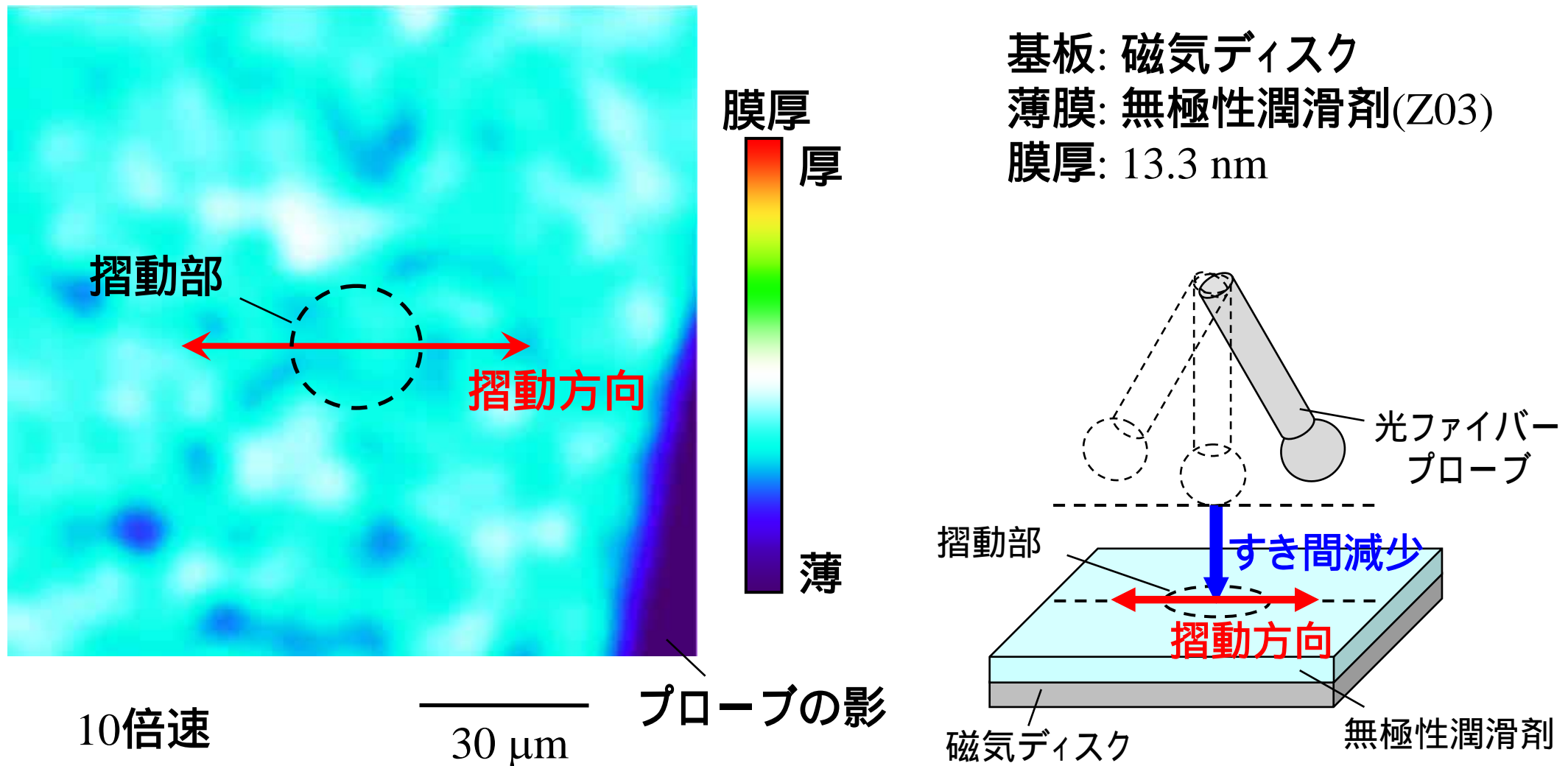
振動振幅: 78  $\mu\text{m}$

摺動速度: 1.4 m/sec

パルス幅: 17.4  $\mu\text{sec}$

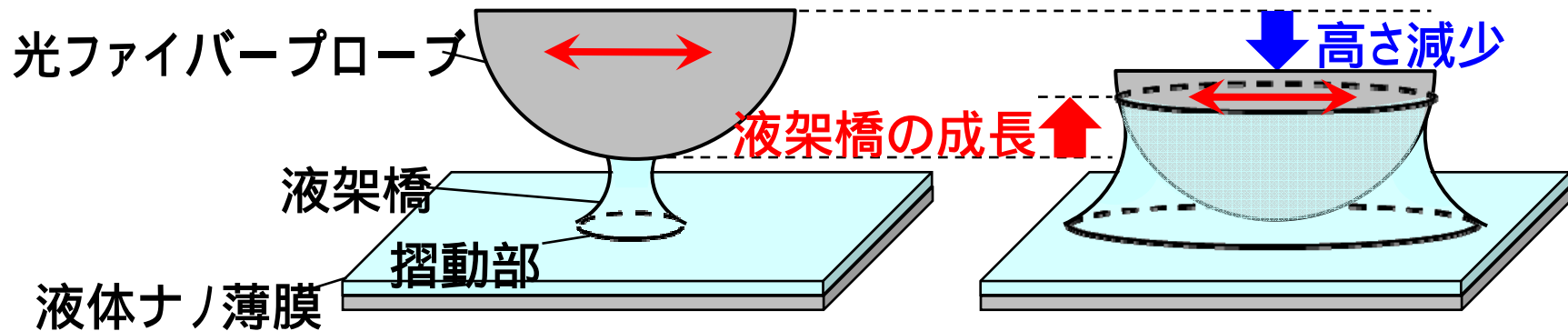
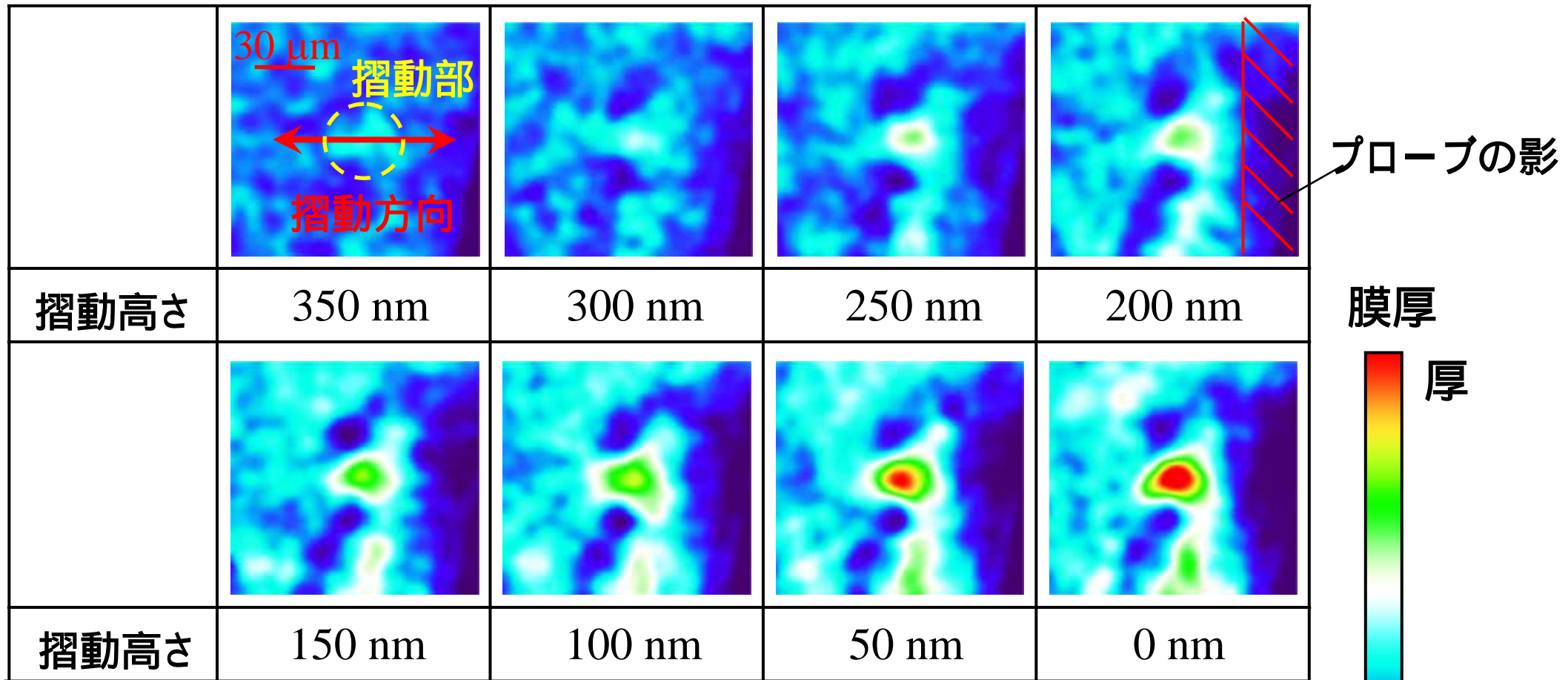
- ・ 摺動と同期したパルス照明により、各時点の膜分布を撮像
- ・ 摺動振幅を大きく取って、プローブがディスクから離れた瞬間をストロボ撮影

# 摺動時の液体ナノ薄膜の可視化の結果



摺動による液体ナノ薄膜の変形の可視化に成功

# 摺動すきまに対するナノ薄膜の変形の可視化



# 従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、従来型(一段結像型)のエリプソメトリー顕微鏡があるが、斜め観測による視野の狭小化のため、従来法の面内分解能は高々  $10\ \mu\text{m}$  等の問題があり、広く利用されるまでには至っていない。

# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、視野狭小化の問題を克服し面内分解能の向上に成功した。
- 従来は面内分解能 $10\ \mu\text{m}$ 前後で微細領域の可視化は困難であったが、分解能サブ $\mu\text{m}$ での高分解能観測が可能となった。
- 摺動プローブなどでの局所刺激に対する応答を可視化でき、局所的な物性の定量化が可能となった。

# 想定される用途

- HDDなど機械産業の分野で、摺動時の機械要素の潤滑状態の把握
- 半導体産業の分野で、シリコン酸化膜など薄膜の分布状態の評価
- 表面科学の分野で、プローブ顕微鏡やレーザと組み合わせ、薄膜に物理刺激を加えたときの局所領域の応答を得る物性解析

# 想定される業界

- **利用者・対象**

HDD製造の研究開発および製造現場

HDD用ヘッド・ディスクの研究開発および製造現場

半導体産業の研究開発および製造現場

表面科学の研究現場

- **市場規模**

HDD, 半導体, 表面科学関連企業数: 数十社程度、

導入費用: 3000万円と想定

180億円程度の市場規模の可能性



# 実用化に向けた課題

- 現在、原理確認済み。しかし、膜厚分解能がサブnmと改善の余地がある。
- 今後、光学系の改良などSN比の向上により膜厚分解能を0.1nm前後まで向上させる。
- 実用化に向けて、光学調整を容易にするなど使い勝手を向上させる必要もあり。

# 企業への期待

- 未解決の膜厚分解能向上については、光学系の改良により克服できると考えている。
- 光学顕微鏡など光学関連の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、HDDを開発中の企業、表面科学分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : エリプソメトリー装置
- 出願番号 : 特願2009-257187
- 出願人 : 名古屋大学
- 発明者 : 福澤健二、梶原陽介

# 産学連携の経歴

- 2007年-2010年 JST先端計測分析技術・機器開発事業(要素技術プログラム)に採択

# お問い合わせ先

(財)名古屋産業科学研究所 中部TLO  
小澤 理夫

T E L 052-783-1255

F A X 052-788-6012

e-mail [ozawa@nisri.jp](mailto:ozawa@nisri.jp) URL: [www.ctlo.org](http://www.ctlo.org)