

平面導波路型 デジタルホログラフィック顕微鏡

Planar Lightwave Circuit Digital Holographic Microscope: PLC-DHM

電気通信大学 大学院情報理工学研究科

基盤理工学専攻

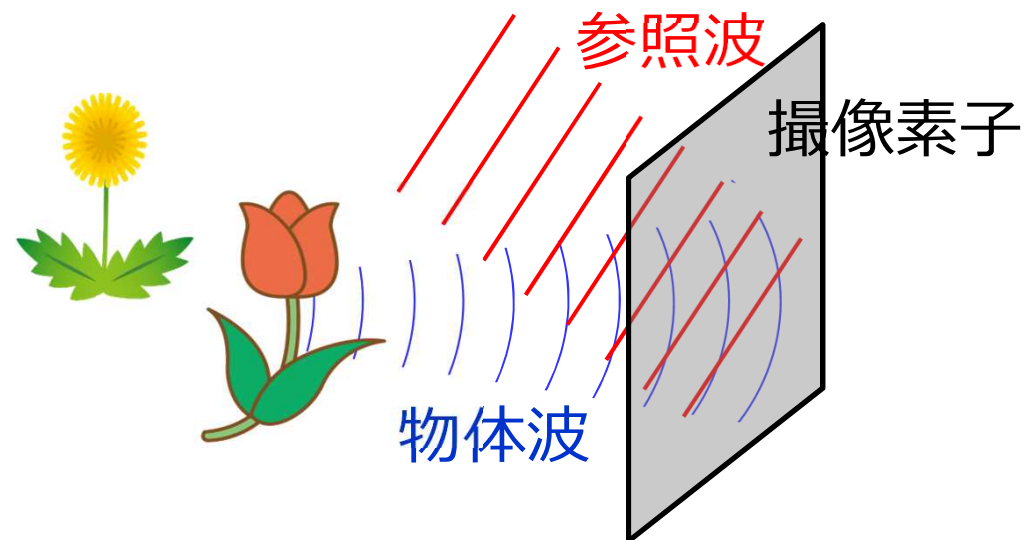
准教授 渡邊恵理子

2019年5月14日

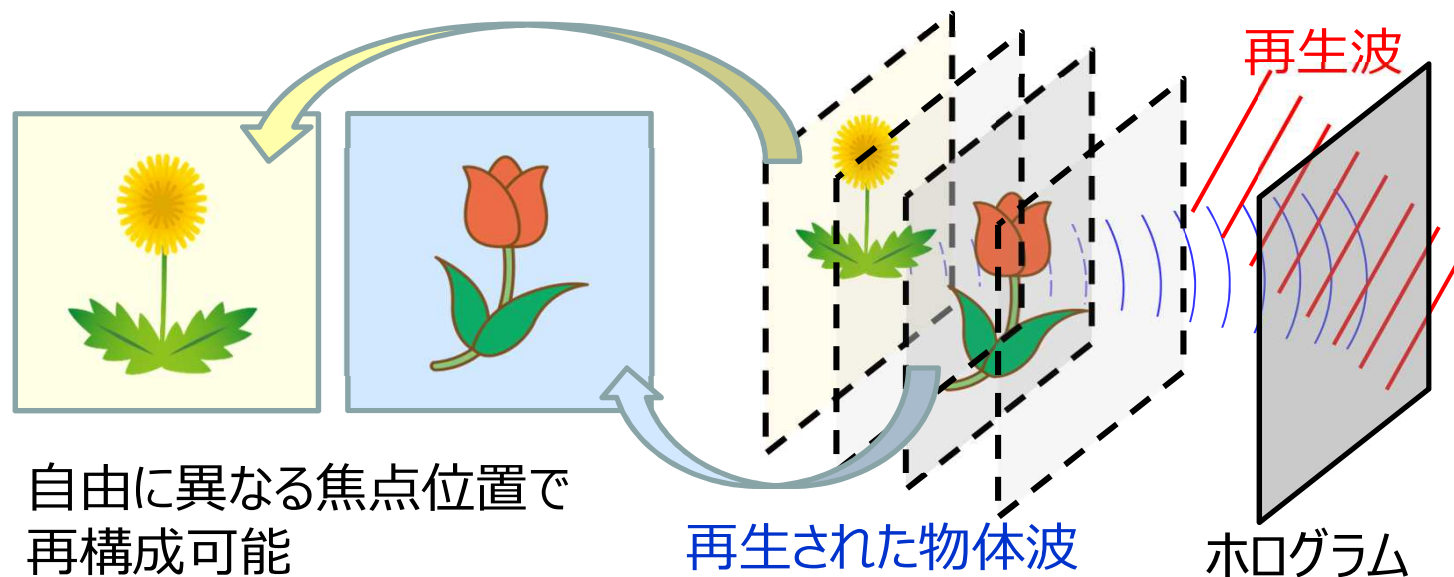
デジタルホログラフィとは？

ホログラムの記録

物体の光と基準となる光（参照光）
を干渉させ
物体の振幅と位相の情報を記録



コンピュータ上でホログラムを再生

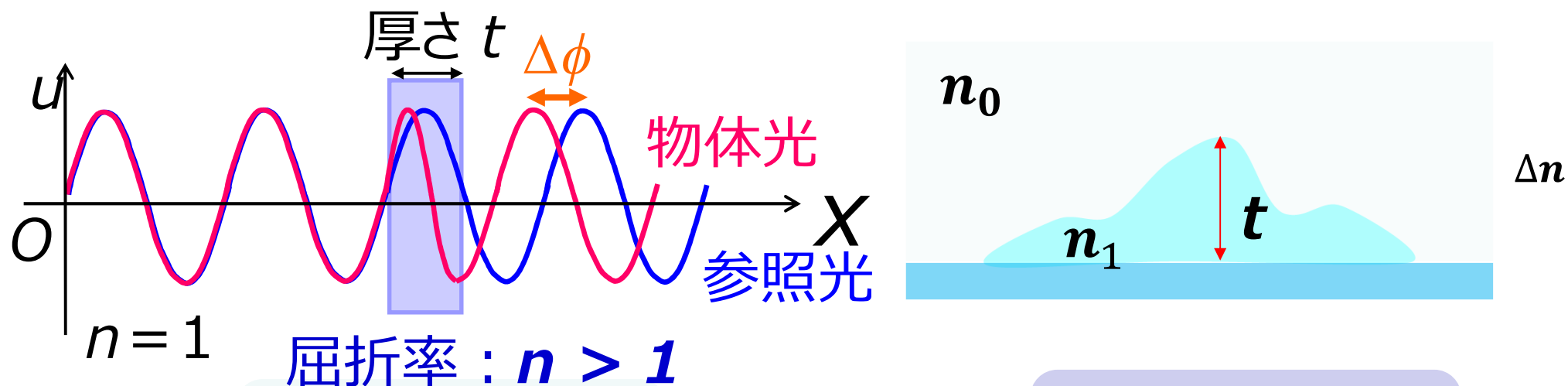


自由に異なる焦点位置で
再構成可能

1枚のホログラムで3次元像(奥行き情報や位相情報)を取得可能

定量位相情報

$$\phi(x, y) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n \times t = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L(x, y)$$



屈折率

×

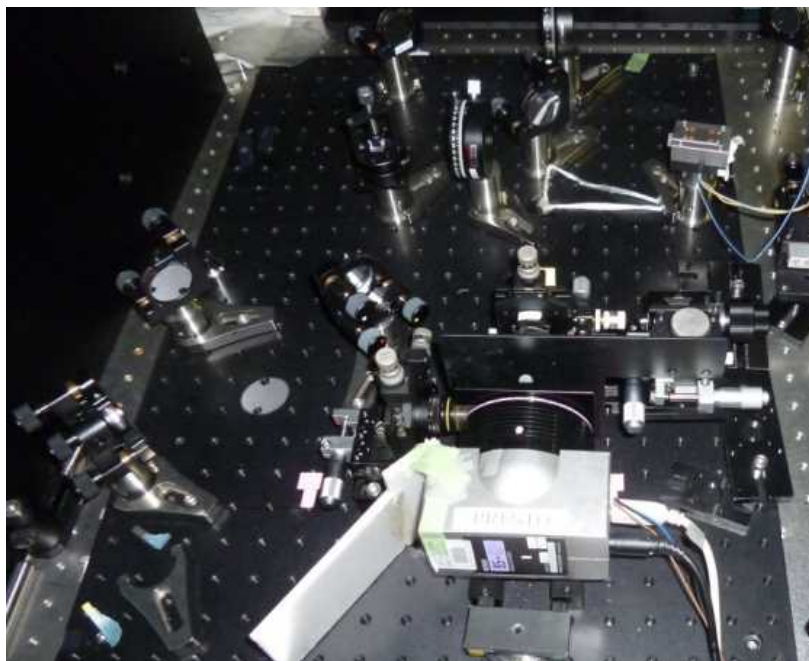
厚み

位相 ϕ (光路長変化量 ΔL が変化)

定量位相情報は非侵襲・非破壊・非接触検査技術への応用可能
再生医療用細胞評価・がん細胞識別など

従来のデジタルホログラフィック顕微鏡 Digital holographic microscope :DHMの課題

- ☹️ 装置の大型化・複雑な光学系
複雑なアライメント



定盤DHM



小型DHM

従来技術とその問題点

既に実用化されている2光束干渉によるデジタルホログラフィック顕微鏡は、

- 装置が大型化
- 厳密なアライメントが必要
- 多波長化(カラー化)のためには装置が更に複雑化等の問題があり、広く利用されるまでには至っていません。

本技術の特徴

超小型化 & 定量位相・3次元イメージング
誰でも使用可能なGUI



22 mm x 16 mm

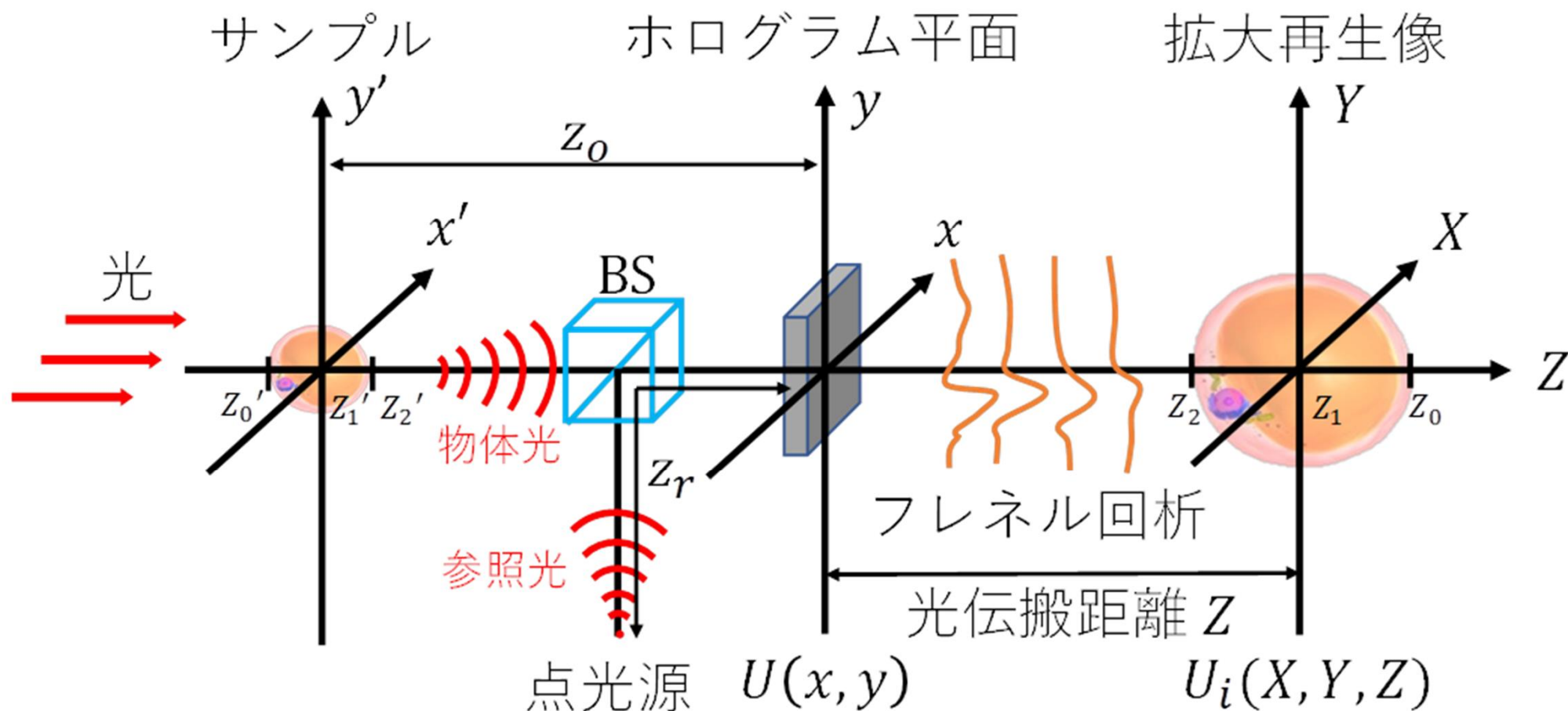
PLC-DHM

- 簡易アライメント
- 機械機構無し
- レンズレス
- 超小型化

非侵襲・非接触で透明物体の定量位相計測が可能
完全レンズレスのため超小型化が可能

原理：レンズレスデジタルホログラフィック顕微鏡

参照光を点光源にすることで、完全なレンズレス化



原理：レンズレスデジタルホログラフィック顕微鏡

再生像の算出式

$$U_i(X, Y, Z) = \iint U(x, y) \exp \left\{ ikZ + ik \frac{(x - X)^2 + (y - Y)^2}{2Z} \right\} dx dy dX dY$$

再生像の複素振幅分布 ホログラム平面の複素振幅分布 位相分布

光伝搬距離の算出式

$$Z = - \left(\frac{1}{z_o} - \frac{1}{z_r} \right)^{-1}$$

光伝搬距離: Z
 サンプルとホログラム平面の距離: z_o
 点光源とホログラム平面の距離: z_r

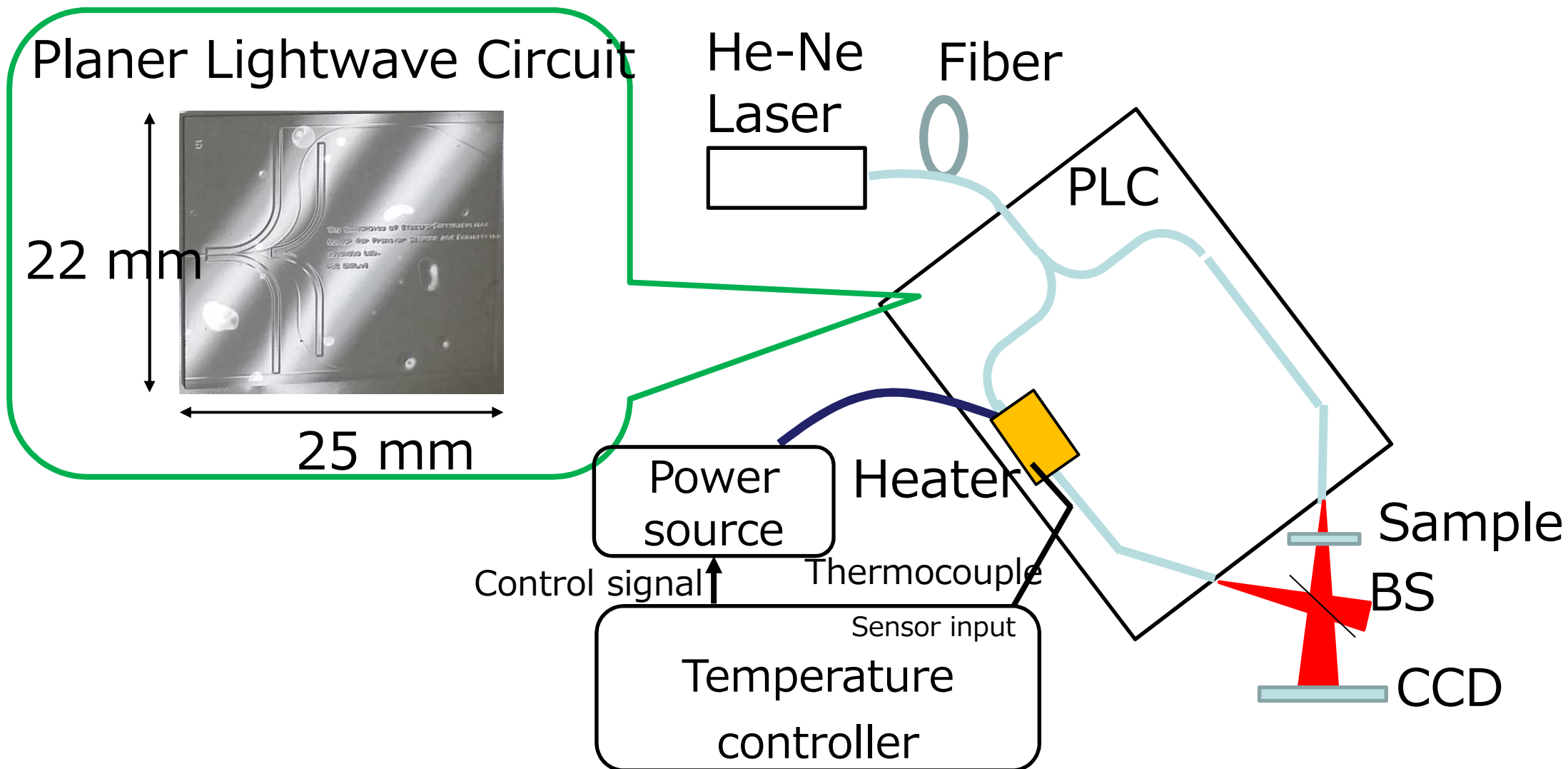
空間分解能

$$\delta X = \frac{\lambda}{\delta x \cdot N} |z_o| = \frac{0.5\lambda}{NA} \quad \lambda : \text{Wave length}$$

空間分解能: δX
 撮像素子のピクセルサイズ: δx
 波長: λ , 撮像素子のピクセル数: N
 開口数: NA

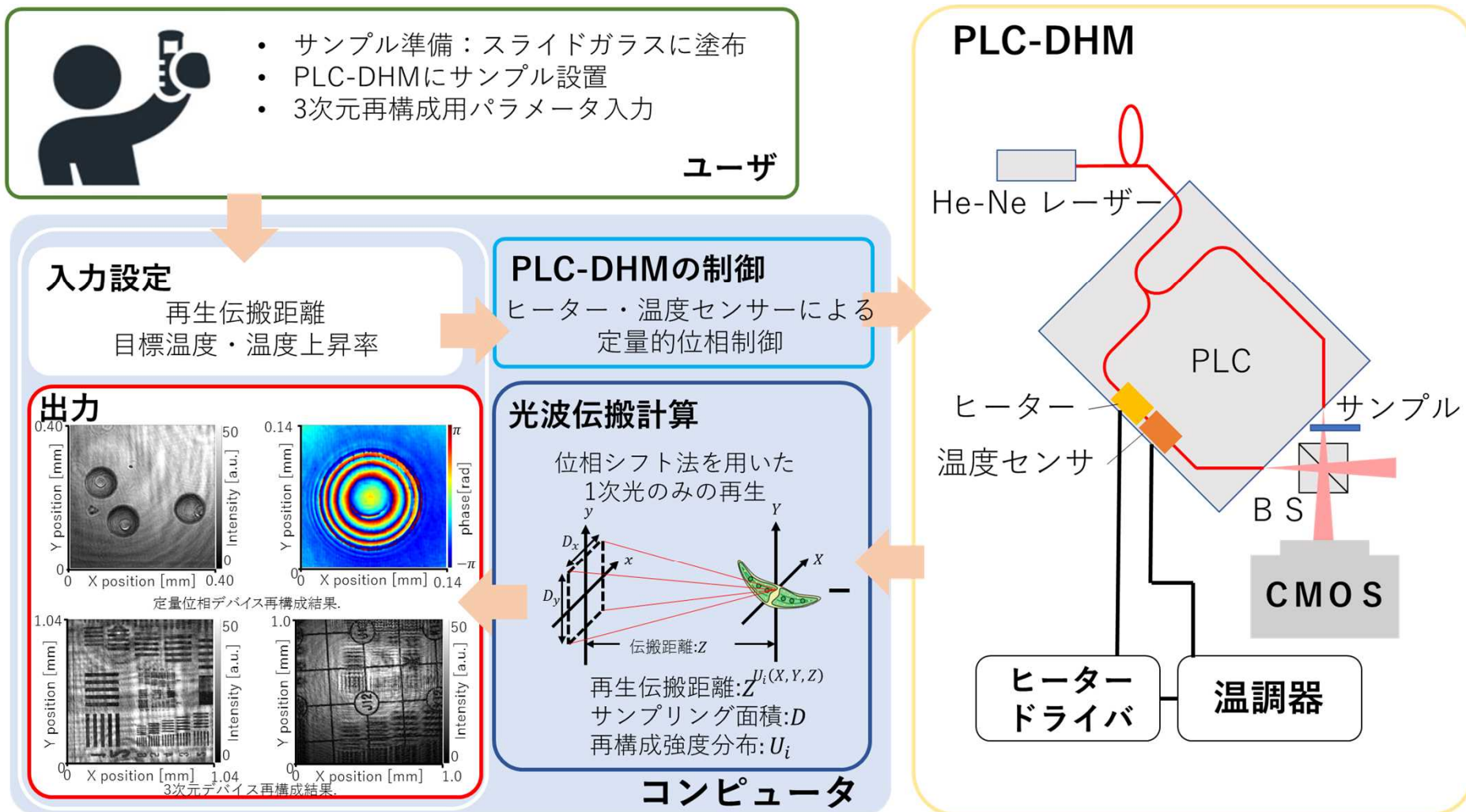
PLC-DHMの光学系

レーザ, PLC, ヒータ, BS, カメラで構成される簡易光学系
レンズレス+簡易アライメント



PLC-DHMの計測の流れ

透明生体試料を非侵襲・非染色で定量位相計測が可能な超小型顕微鏡



[1] E. Watanabe, et al. Opt. Lett. **38**, 1319 (2013).[2] E. Watanabe, et al. Opt. Rev. **22**, 342 (2015).[3]特願 20154055(光学測定装置)

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、2光干渉系に導波路を利用する事で**小型化・レンズレス、機械機構レスに成功**しました。
- 本技術の適用により、装置の超小型化、簡易なマルチスペクトル化ができるため、**製造コストが1/2～1/3程度まで削減**されることが期待されます。
- 顕微鏡が超小型であるため、顕微鏡のアレイ化などによる**高速検査システム**なども可能です。

実用化に向けた課題

- 現在、PLC-DHMについて3次元定量位相顕微イメージングが可能なところまで開発済みです。
- 今後、さらなる小型化やマルチスペクトル化などを実施いたします。
- 実用化に向けて、熱位相シフト効果の導波路内へ組み込みなどを実施するとよいと考えています。

企業への期待

- 技術的な基礎はほぼ解決。
- 応用ターゲットを絞り、波長の選択、計測速度や装置の大きさなどを最適化した製造が必要になります。
- 数10 μ m程度の微小物体に対する非侵襲・非破壊・非接触検査を必要とする応用を持つ企業による製品化実施を期待します。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 光学測定装置
- 出願番号 : 特願 2015-004055
- 出願人 : 電気通信大学
- 発明者 : 渡邊恵理子, 岡本 勝就,
水野潤, 星野和博, 池田佳奈美

お問い合わせ先

電気通信大学

産学官連携センター

コーディネーター 今田 智勝

TEL 042-443-5871

FAX 042-443-5726

e-mail imada@sangaku.uec.ac.jp