

技術紹介： 曲面への反射防止 微細パターン転写、他



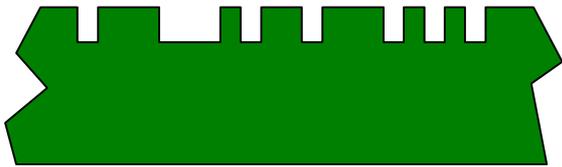
佐々木実

mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp

ナノテクPF微細加工やっています。実施機関の責任者です。

2002頃の仕事から モスアイ反射防止構造

金森先生、羽根先生
(東北大)と

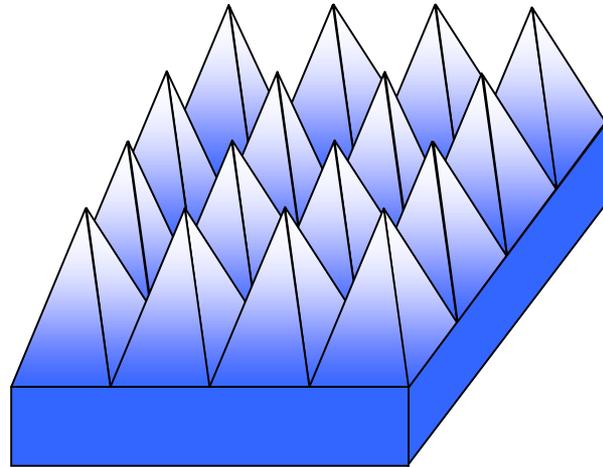


テクスチャ構造

波長以上の構造により
表面積を増加

欠点

- ・波面の劣化



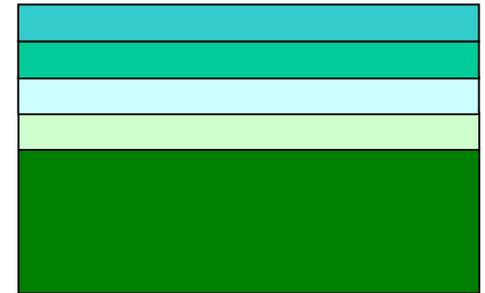
超微細格子

sub-wavelength structure (SWS)

入射波長以下の周期構造

長所

- ・波面の劣化がない
- ・任意の材料(熱膨張係数)
- ・放射角の拡大
- ・波長域の拡大



反射防止膜(多層膜)

ファブリペロー構造による
多重反射

欠点

- ・材料の選択肢が少ない
- ・設計放射角度のみ有効
- ・狭い波長域でのみ有効

プロセス

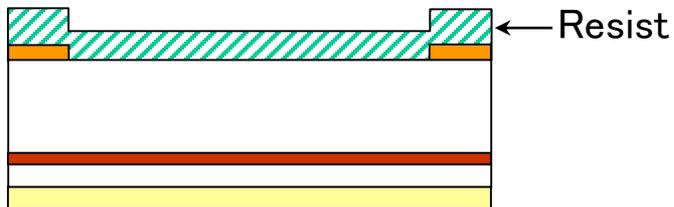
(1) Substrate of diode with double heterostructure



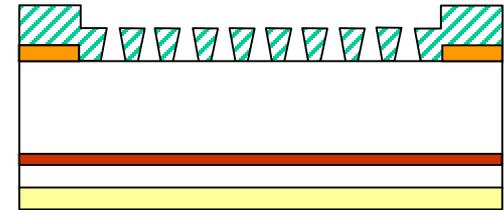
(2) Electrode



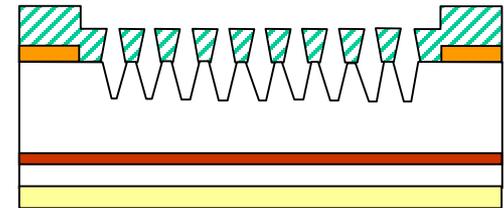
(3) EB resist coating



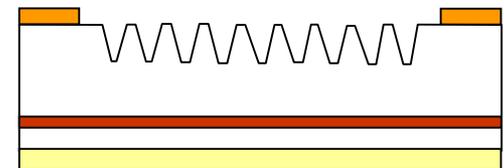
(4) EB writing and development
点を走査して描画する



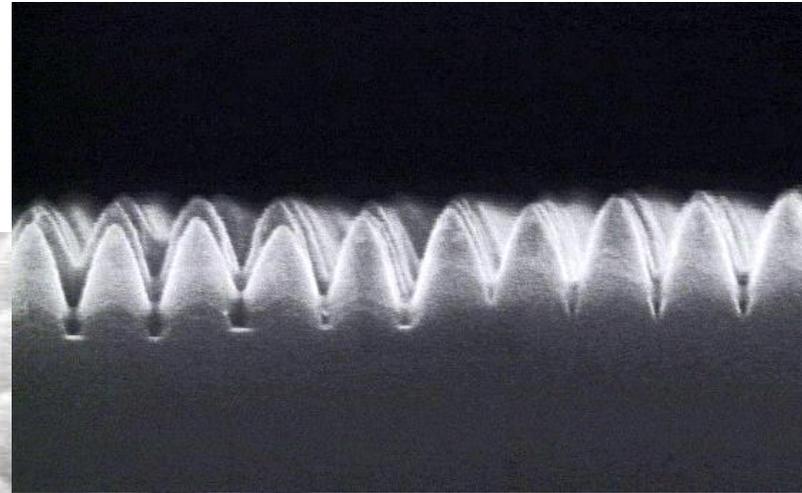
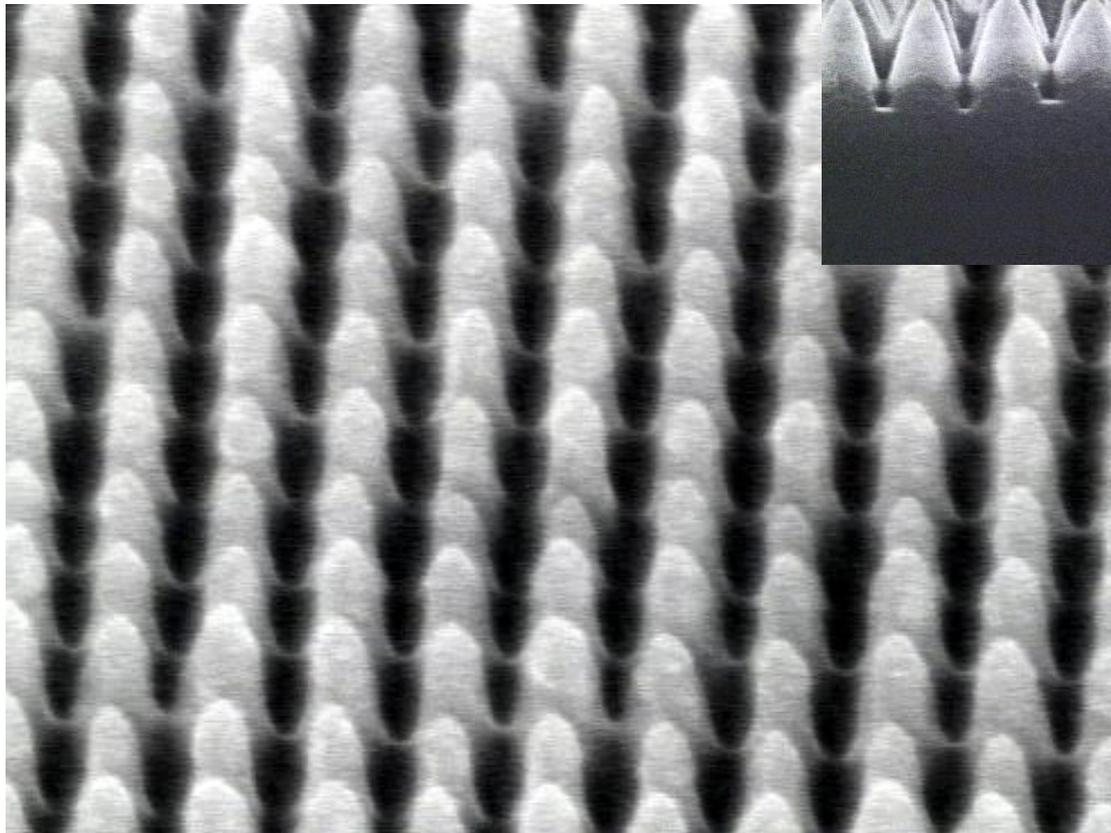
(5) $\text{SF}_6 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SF}_6$ FAB etching



(6) Removal of EB resist



製作した反射防止 SWS



周期 200nm

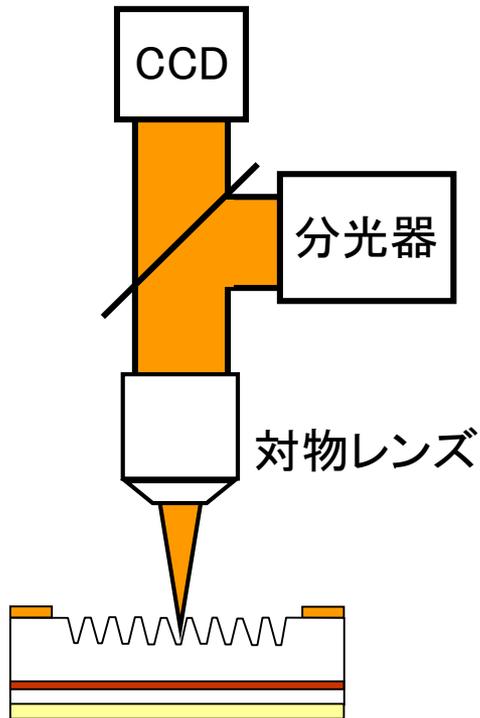
高さ 270nm

アスペクト比 1.35

格子形状 円錐

600nm

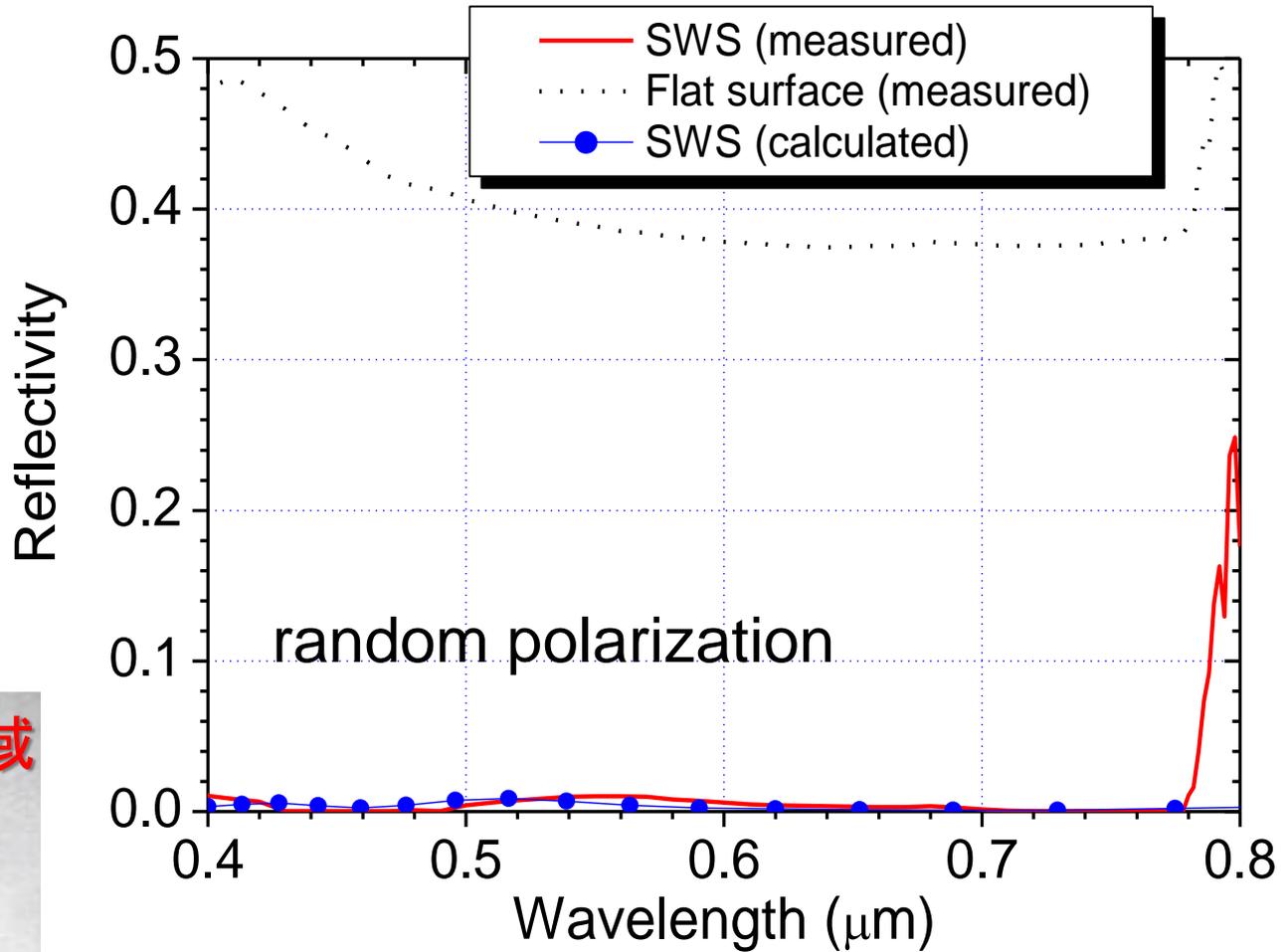
反射率特性



時間かけても狭い領域



100 μm

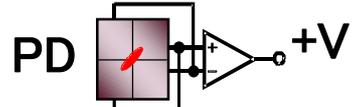


SWSピッチ $0.2\mu\text{m}$ = 波長 $\lambda/2$ でも効果あり

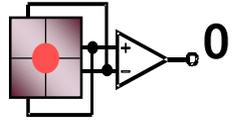
2000頃の
仕事から

レンズ曲面へのパターン転写は大変

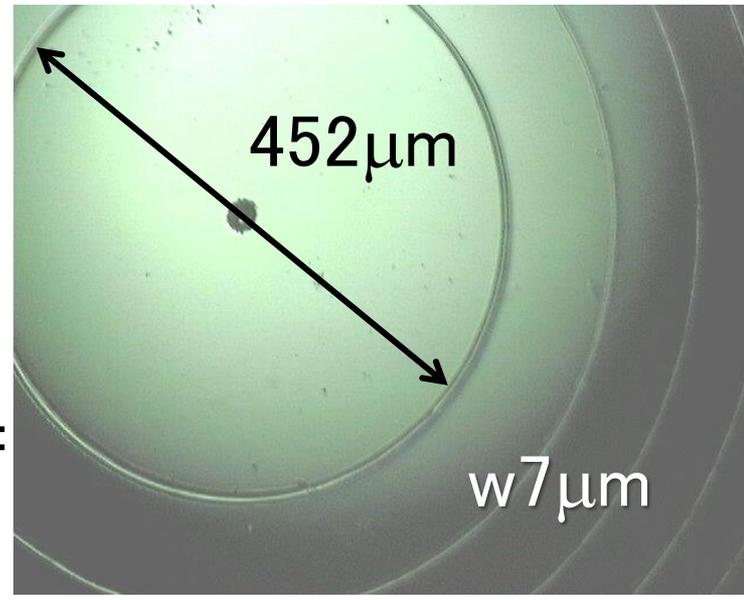
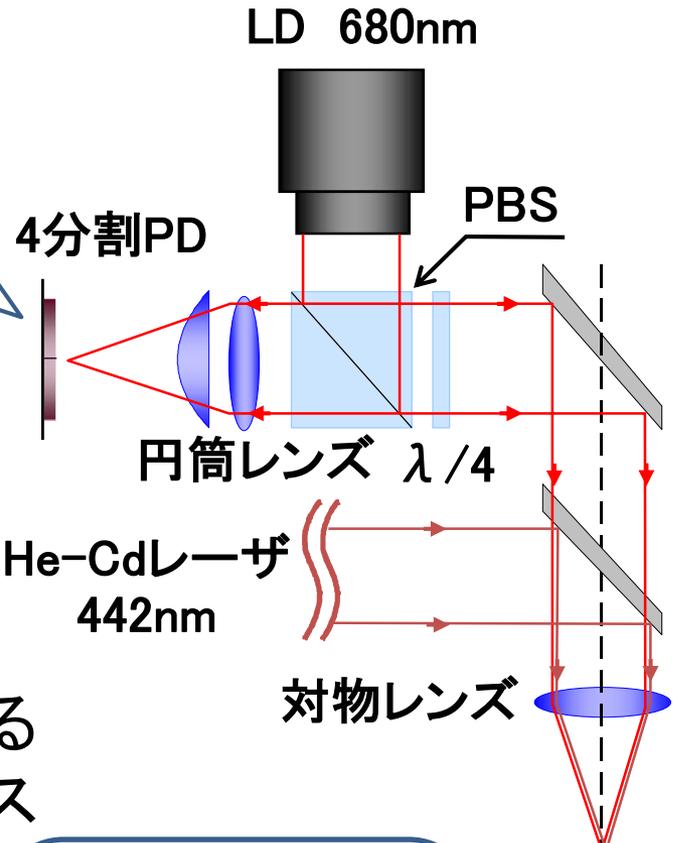
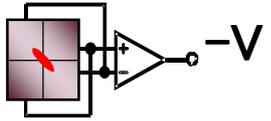
① 近すぎ



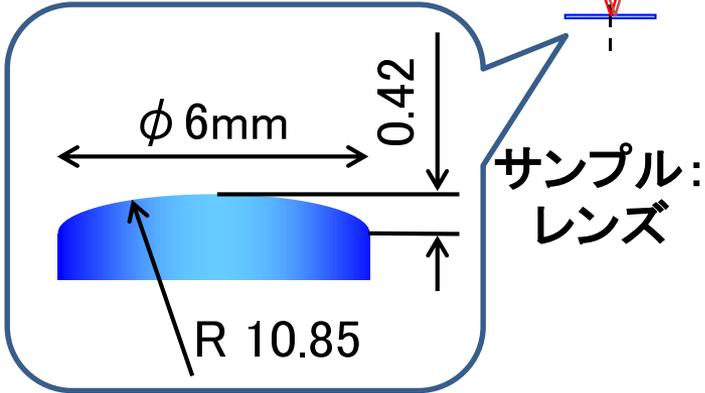
② 焦点



③ 遠すぎ



非点収差法による
オートフォーカス
検出範囲: 20μm



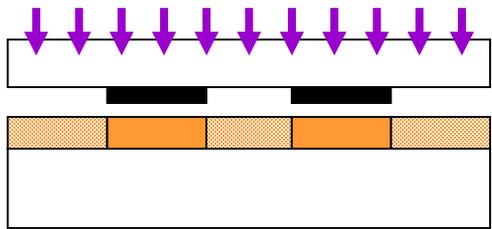
フォトリソグラフィは**生産性が高い**ため発展した



前処理

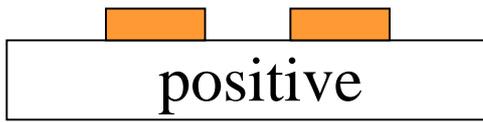
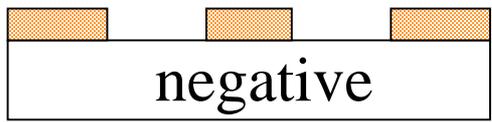


レジスト塗布

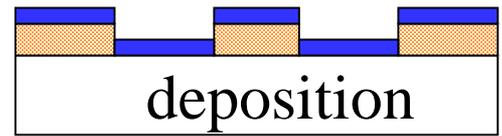
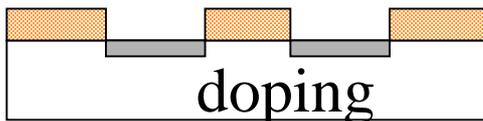


UV
露光

平面が
前提

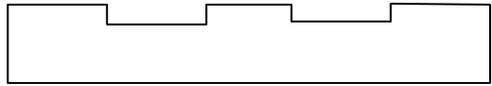


現像



多点同時処理

パターン
があれば
立体でも
成立する



レジスト剥離

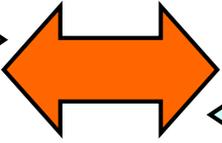
材料制限は少ない

機械加工とリソグラフィ加工の良いとこ取りは悲願

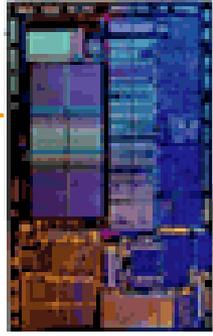
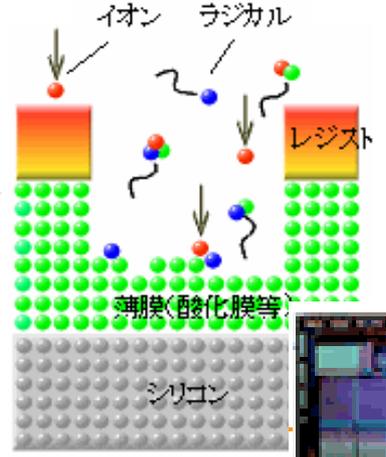
10 + 1 + 0.1 + 0.01 + 0.001mm +



精密機械加工

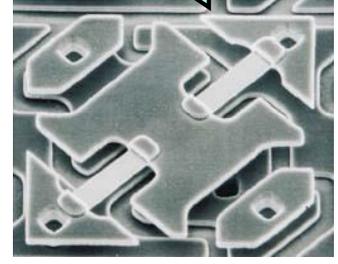
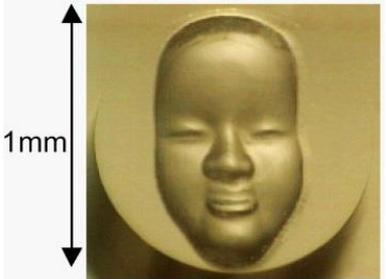


リソ
グラフィ



工具形状ベースの3次元

1点加工のため、微細になるほど時間がかかる

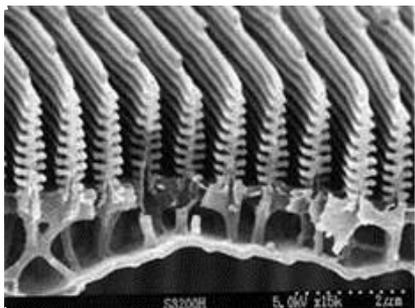


原子レベルの加工が並列に進行

生物は立体マルチスケールの階層構造を使いこなす

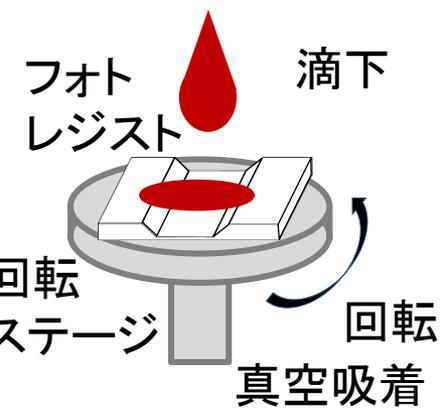
ナノ精度機械加工
専門委員会

厨川先生 (東北大)
の資料を一部修正

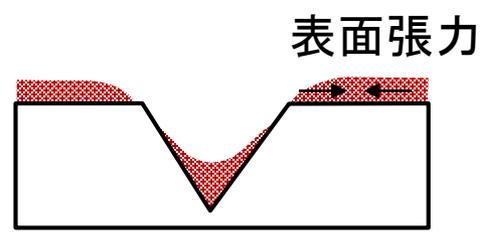


従来法による立体へのパターン転写は困難

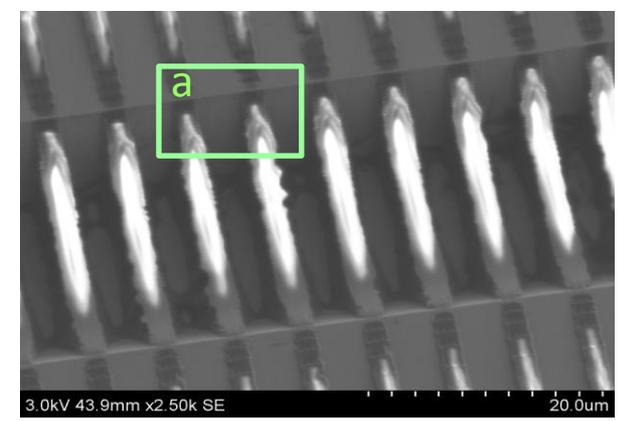
フォトレジスト塗布



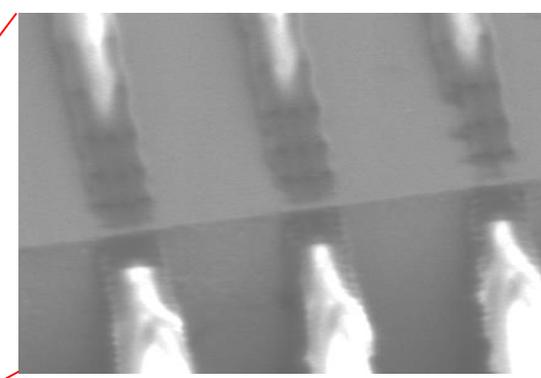
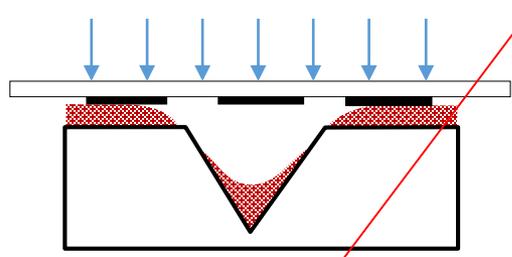
溝のエッジなどでは
フォトレジストが薄くなる



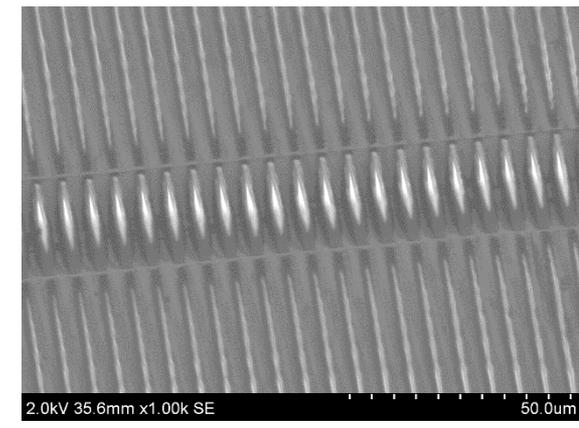
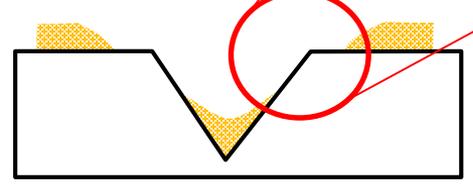
V溝へのパターンニング例



露光



現像



a: V溝エッジ部
フォトレジストが切れている
最低膜厚0.5μm

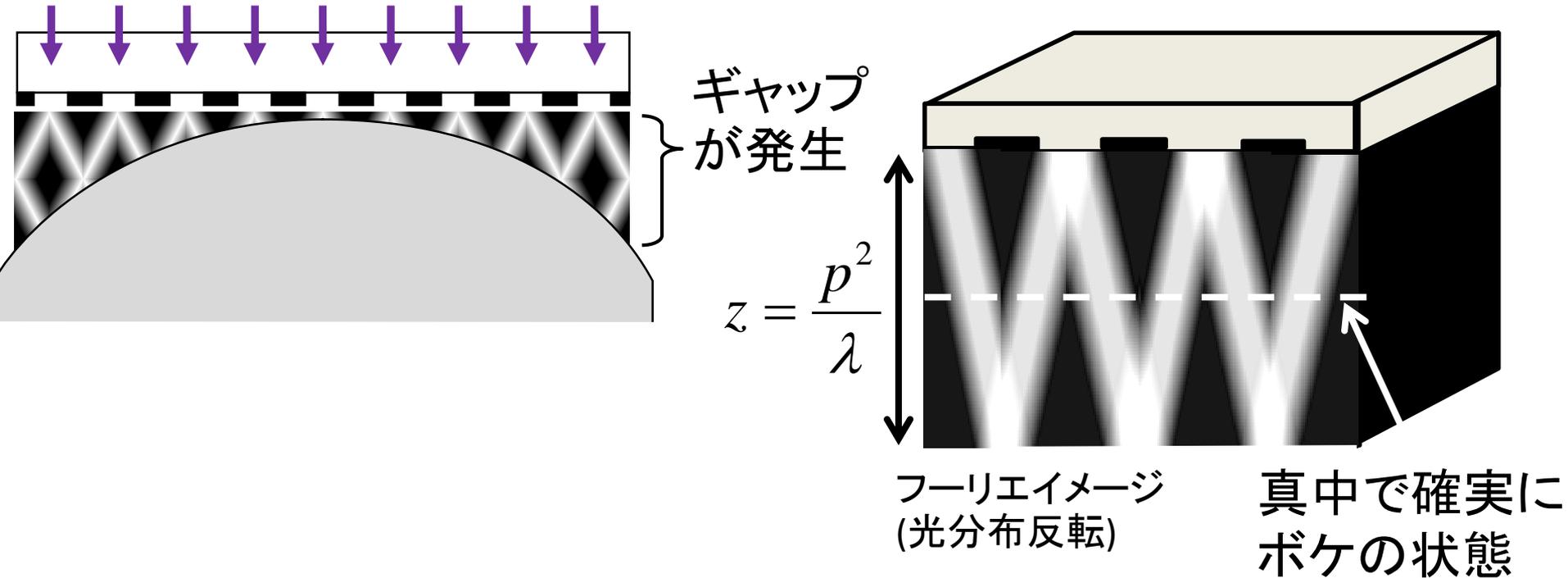
b: 平坦部
パターン形成が可能

立体サンプル

課題1: フォトレジスト膜厚が均一になりにくい

フォトマスクを使う微細パターン転写の課題

格子ピッチ $4\mu\text{m}$ が求められる

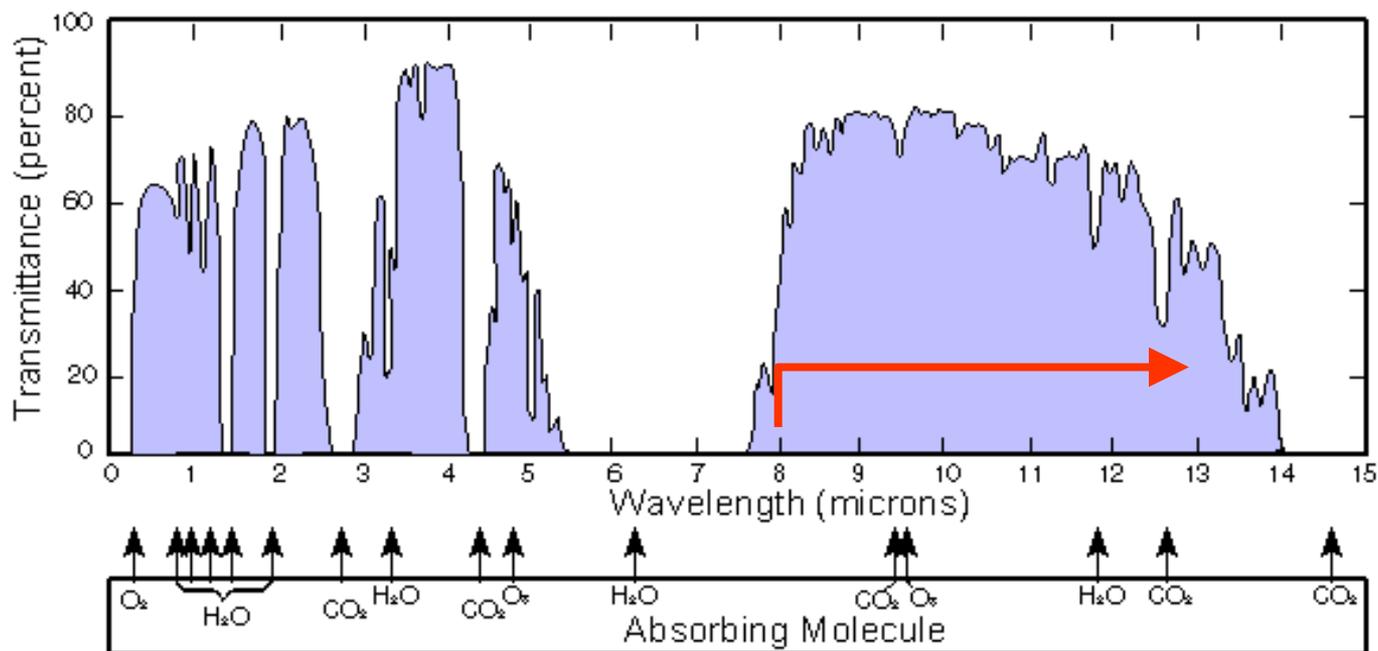


ピッチ $p=4\mu\text{m}$ 波長 $\lambda=400\text{nm}$ の場合、**高低差 $z/2=20\mu\text{m}$**

課題2:ピッチ p が微細になるほど p^2 で許容ギャップが狭く、パターン転写が難しくなる

目的

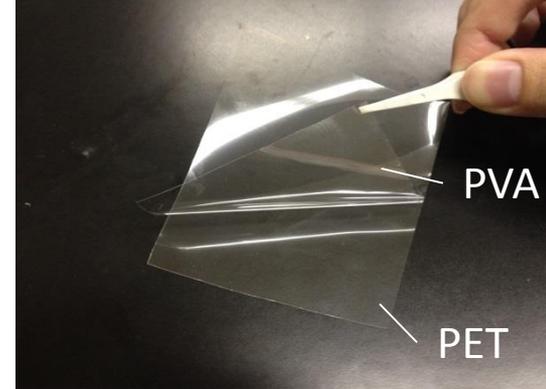
- 既存設備（スピコータ，マスクアライナ）を利用し，立体サンプルに微細パターンを転写する方法を提案する。



波長8 μm 以上の赤外線用途なら、苦勞の少ないパターン幅です

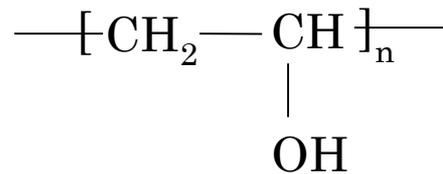
新規導入したフィルム

PVA (ポリビニルアルコール) / PETフィルム

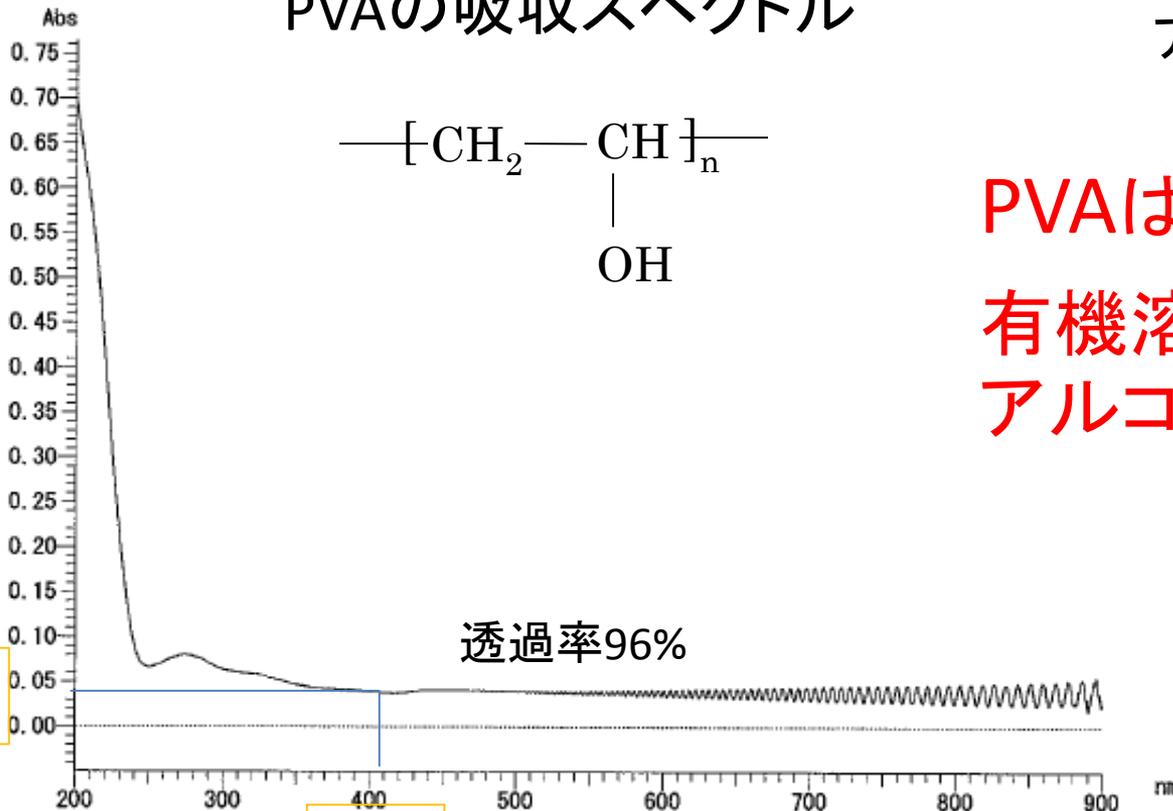


アイセロ社

PVAの吸収スペクトル



吸収率



0.04

400

波長 (nm)

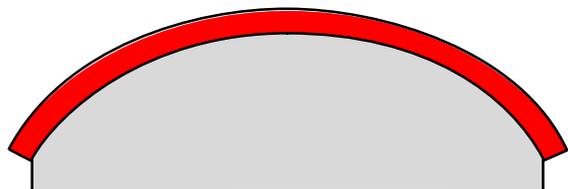
PVAは水溶性で、
有機溶媒 (アセトン、
アルコール類) に不溶

高低差のある曲面サンプルへの 微細パターン転写

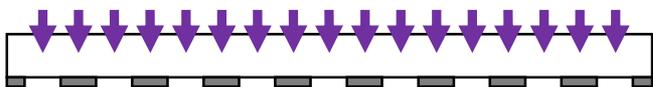
モスアイ用パターンはドットアレイになりますが、以降は別目的用なので、ライン-アンド-スペースになります。
マスクパターンは自由です。

パターンニングしたレジストシート貼り付けによる解決

▶ 従来法



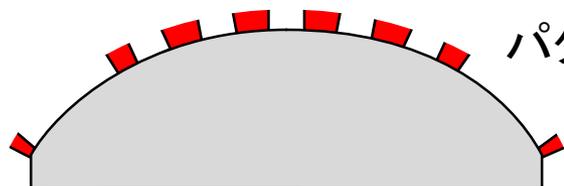
1. 成膜 (均一にできたとして)



$$z > \frac{p^2}{2\lambda}$$



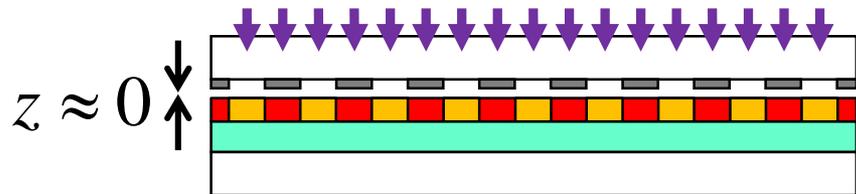
2. 露光 (回折の影響が入る)



パターン崩れ

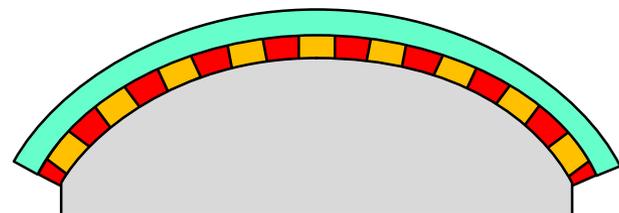
3. 現像

▶ 新手法

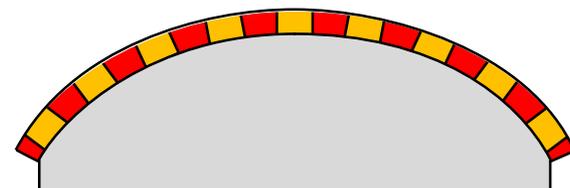


レジスト/PVA/PET

1. スピンコート & 露光 (平面と同じ)

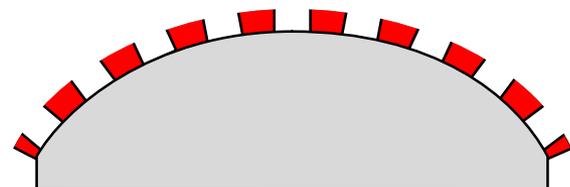


2. 貼り付け



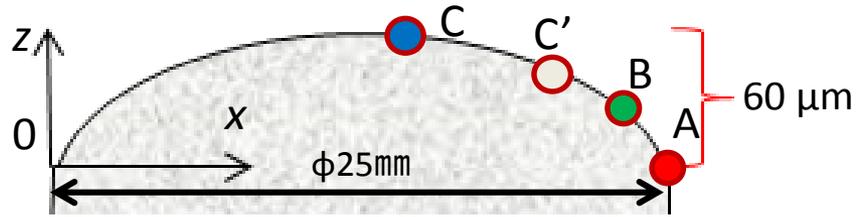
3. PVA溶解

フォトリソ材料だけが残る。

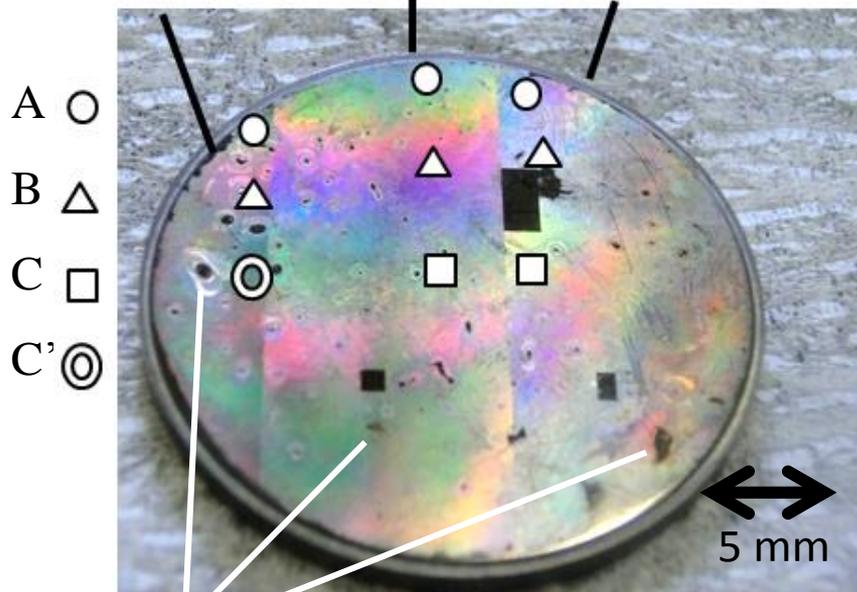


4. 現像

パターン転写(1st try)



ピッチエリア: 6 μm
ピッチエリア: 8 μm
ピッチエリア: 4 μm

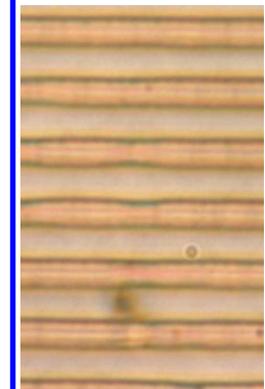
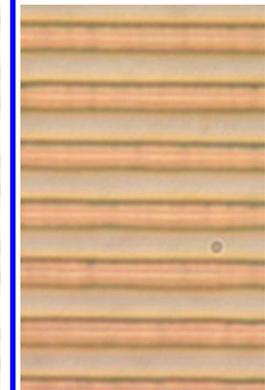
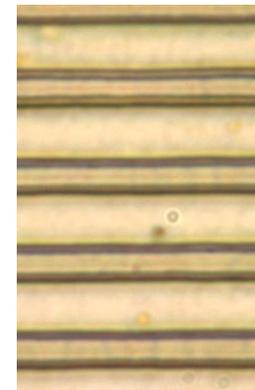
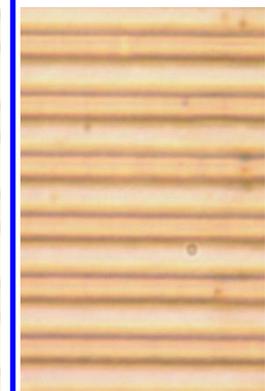


貼り付け時に入る気泡などにより
パターンが壊れた

ピッチ 8μm

ピッチ 6μm

ピッチ 4 μm

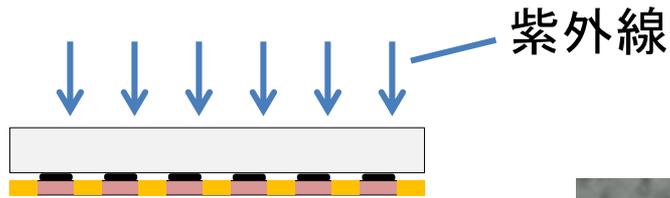


Z; A: 0 μm, B: 20 μm, C: 60μm, C': 40 μm

10 μm

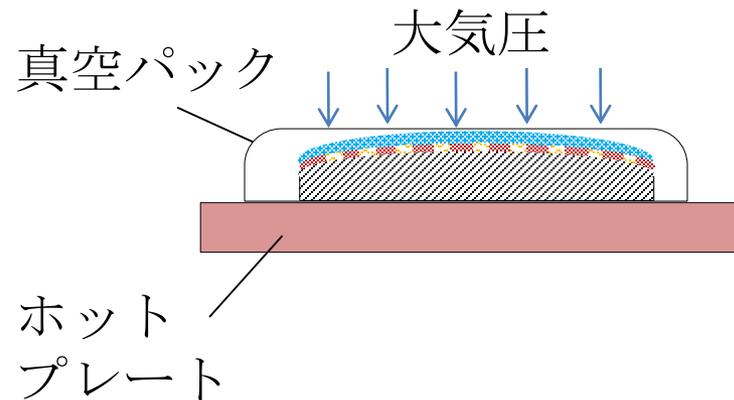
簡易な真空パックで貼り付けた例

1. レジストフィルムパターンニング

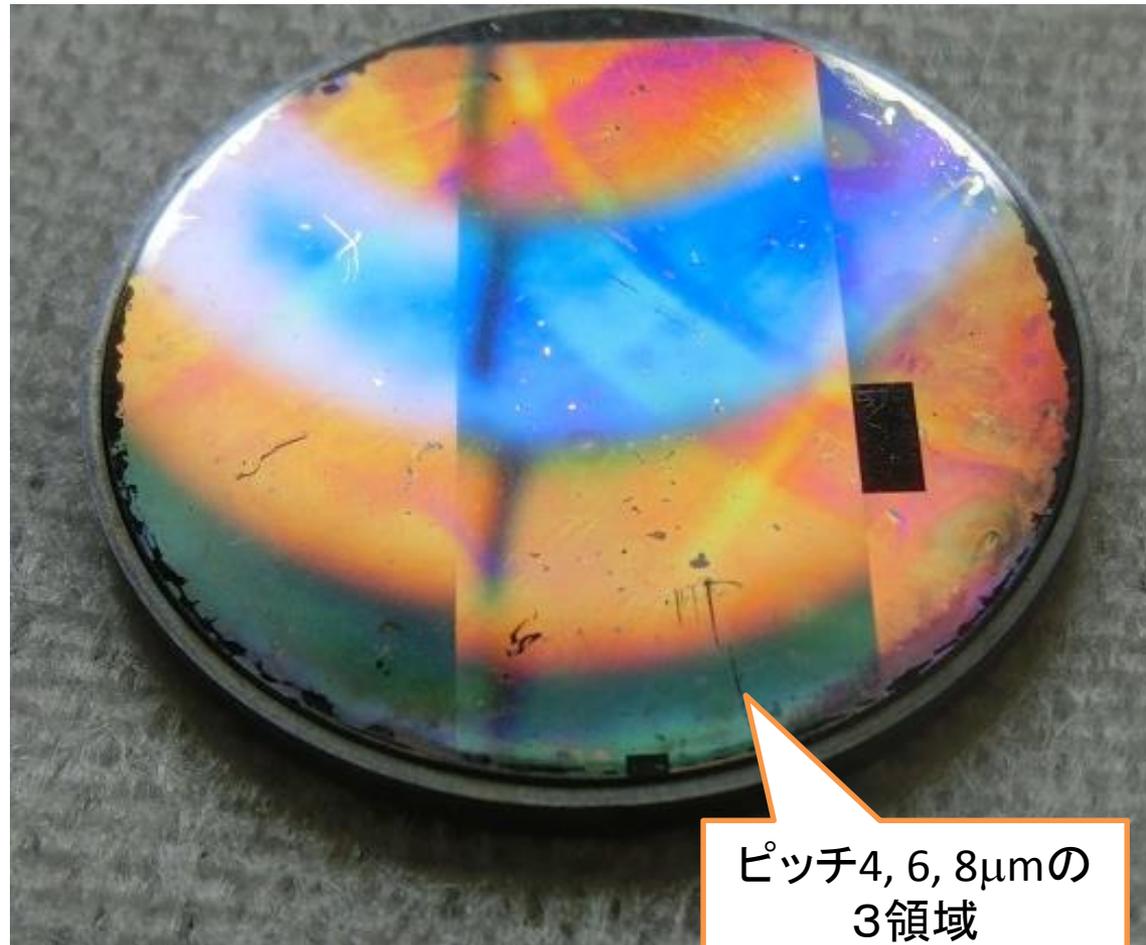


高低差 $60\mu\text{m}$ をもつ曲面付き
ディスク(直径500円玉程度)
にピッチ $4\mu\text{m}$ のパターン形成

2. 真空パックによる レジストフィルム貼り付け



3. 現像



まとめ

- フィルム状のレジスト貼り付けを起点とする、立体サンプルへのフォトリソグラフィ技術を紹介した。根本の変化であり、様々な発展があり得る。
- 高価な装置類は、平面フォトリソグラフィ標準設備（スピンドクター、マスクアライナ）が良い。他は治具類くらい。一度に微細な形状を多点加工する並列処理の長所が踏襲できる。
- Siレンズ曲面や、レンズ金型（カルコゲナイドガラス用）へのフォトリソグラフィ加工が視野に入る。