

曲面・立体への3次元 フォトリソグラフィ微細加工



佐々木実

mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp

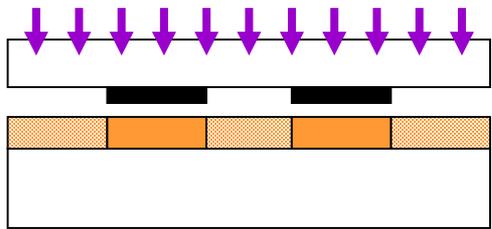
フォトリソグラフィは**生産性が高い**ため発展した



前処理

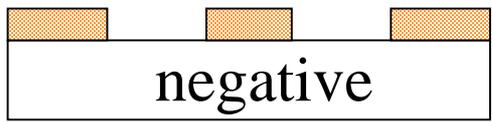
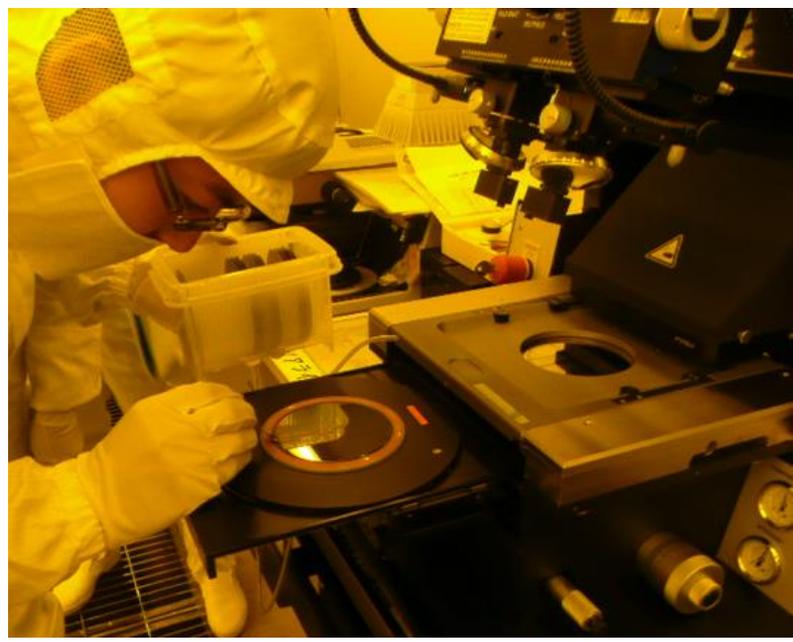


レジスト
塗布

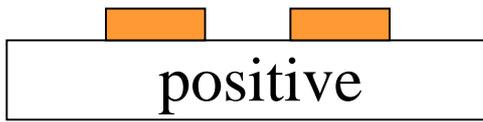


UV
露光

平面が
前提



negative

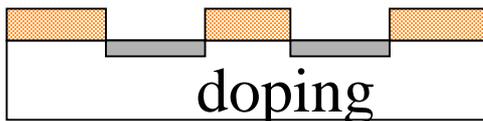


positive

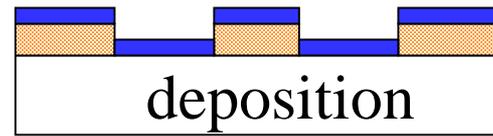
現像



etching



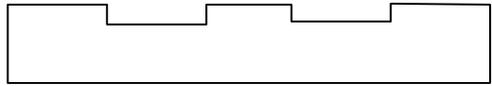
doping



deposition

多点同時処理

パターン
があれば
立体でも
成立



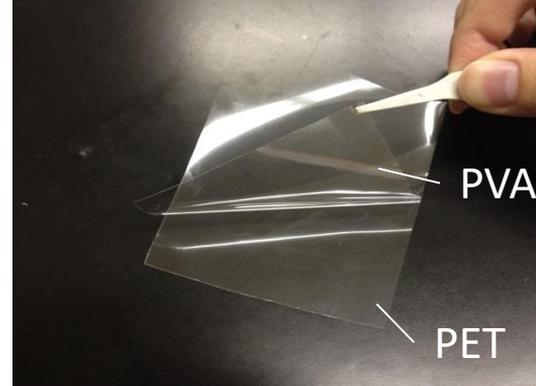
レジスト剥離



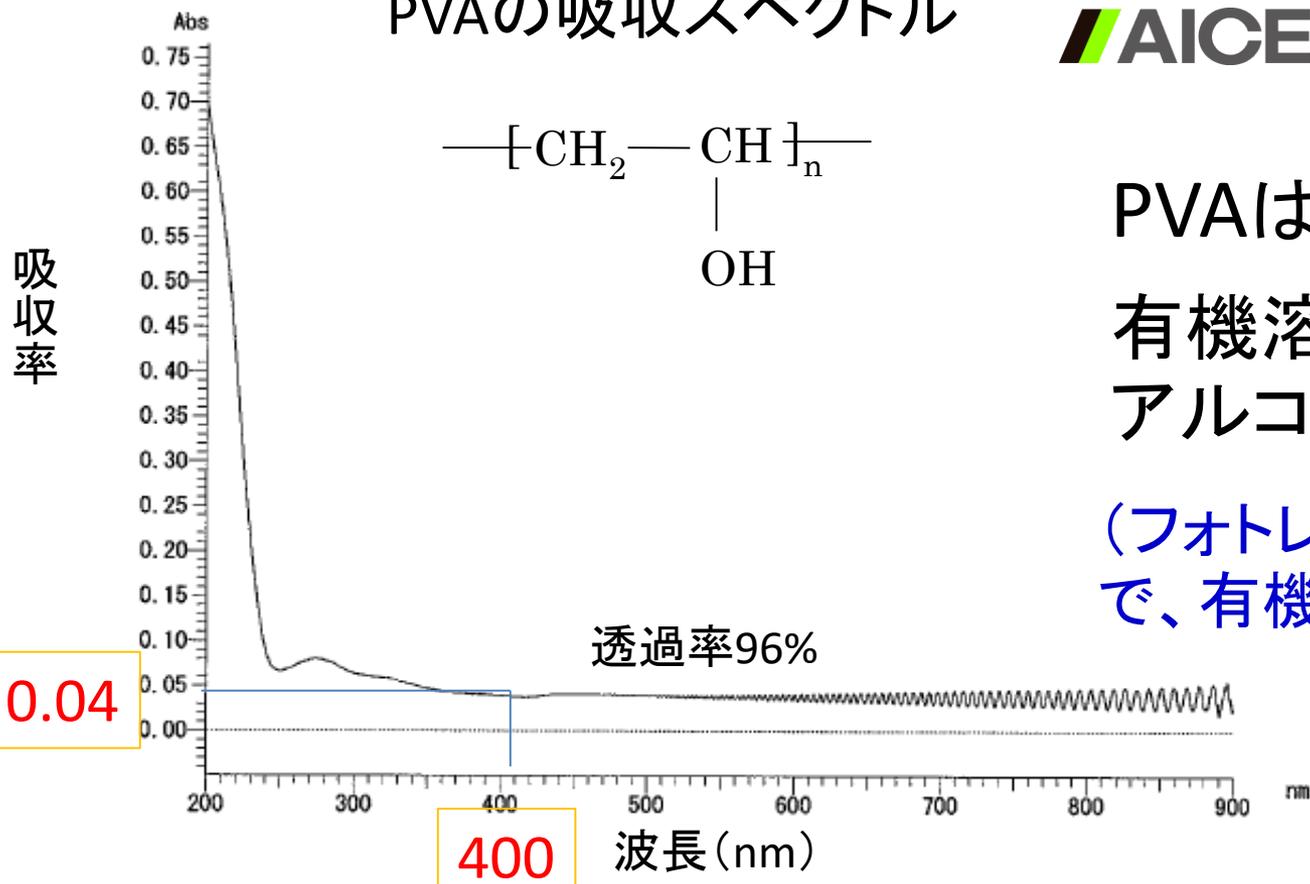
材料制限は少ない

フィルムの導入

PVA(ポリビニルアルコール)/PETフィルム



PVAの吸収スペクトル

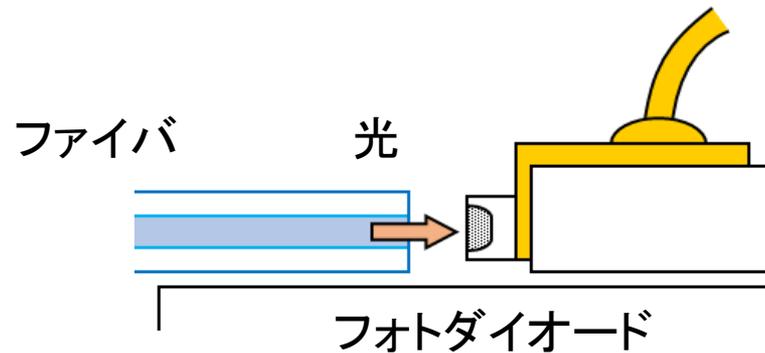


AICELLO SOシート

PVAは水溶性で、
有機溶媒(アセトン、
アルコール類)に不溶
(フォトレジストは水に不溶
で、有機溶剤に溶ける)

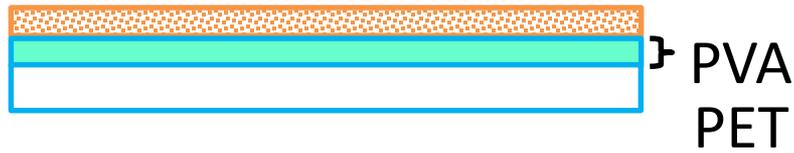
壁面へのパターン転写

フィルム状のフォトレジストを立体サンプルに貼り付けて、パターン転写し、折り曲げる。

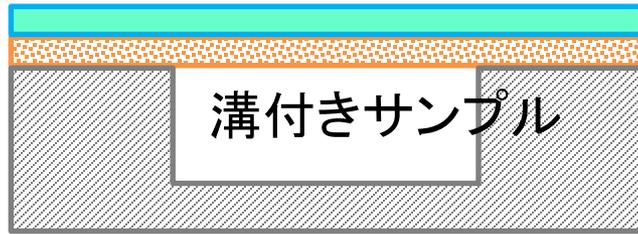


光通信のための実装サブマウント

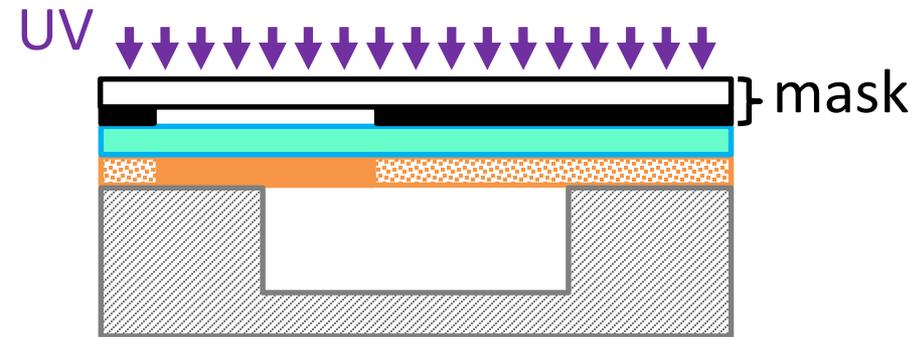
シートを利用する垂直壁面へのパターンニング



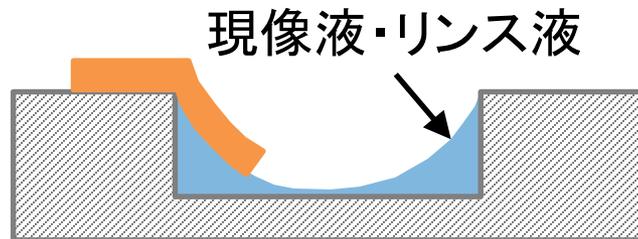
- ①シートにフォトレジスト成膜
既存スピンコータを利用



- ②フォトレジスト膜を溝付きサンプルへ貼付け。
PET支持シートを剥離。



- ③露光(立体にアライメント)
既存アライナを利用

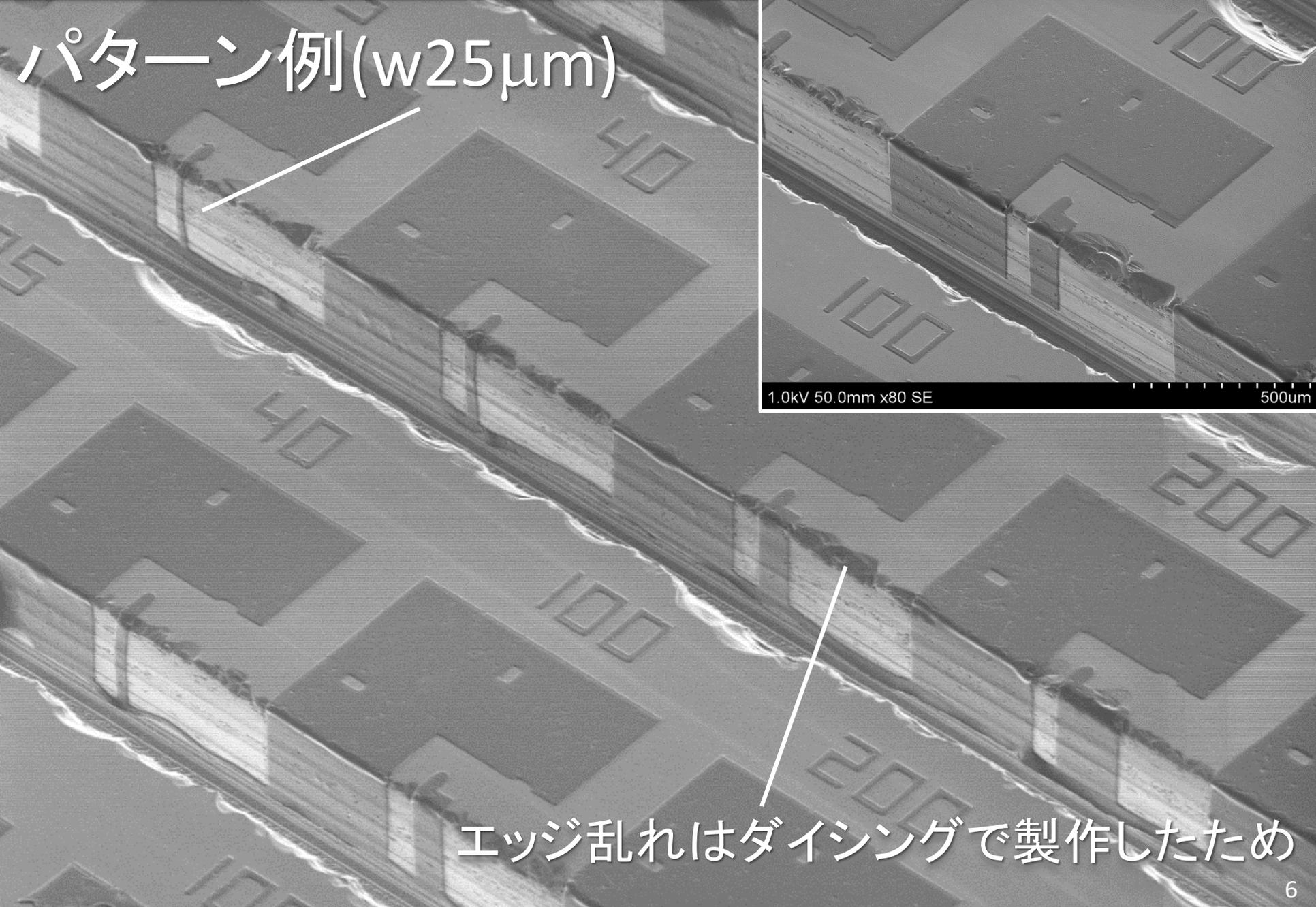


- ④PVA溶解・現像・リンス
変形し易い、化学増幅型
ネガ型フォトレジストを採用



- ⑤乾燥・パターン形成、乾燥

パターン例(w25 μ m)

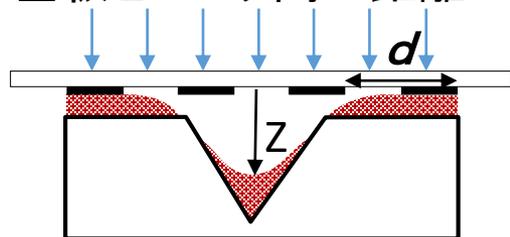


エッジ乱れはダイシングで製作したため

高低差のある 立体サンプルへの 微細パターン転写

フレネル回折によって変化する光の強度分布

立体基板とマスク間の距離



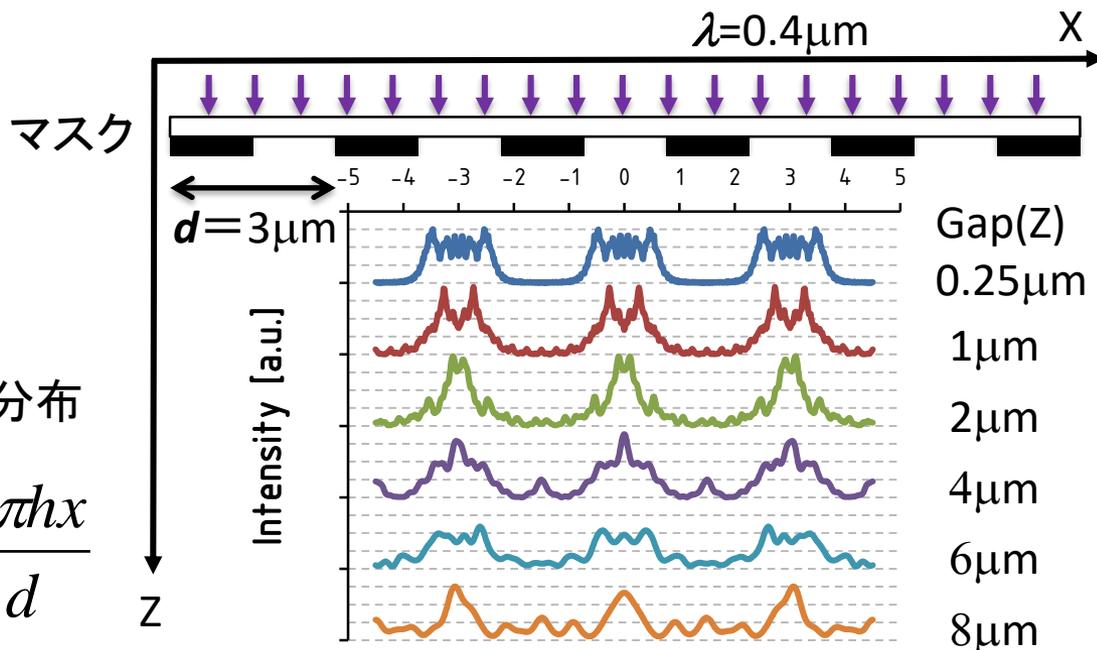
マスクから距離(z)における光の強度分布

$$u(x) = e^{-ikz} \sum_{h=0}^{\infty} F_h e^{\underbrace{i \frac{\pi \lambda h^2 z}{d^2}}_{\text{位相ファクター}}} \cos \frac{2\pi h x}{d}$$

位相ファクター

Gap(z)とマスクピッチdに依存する位相ファクター

$$e^{i \frac{\pi \lambda h^2 z}{d^2}}$$

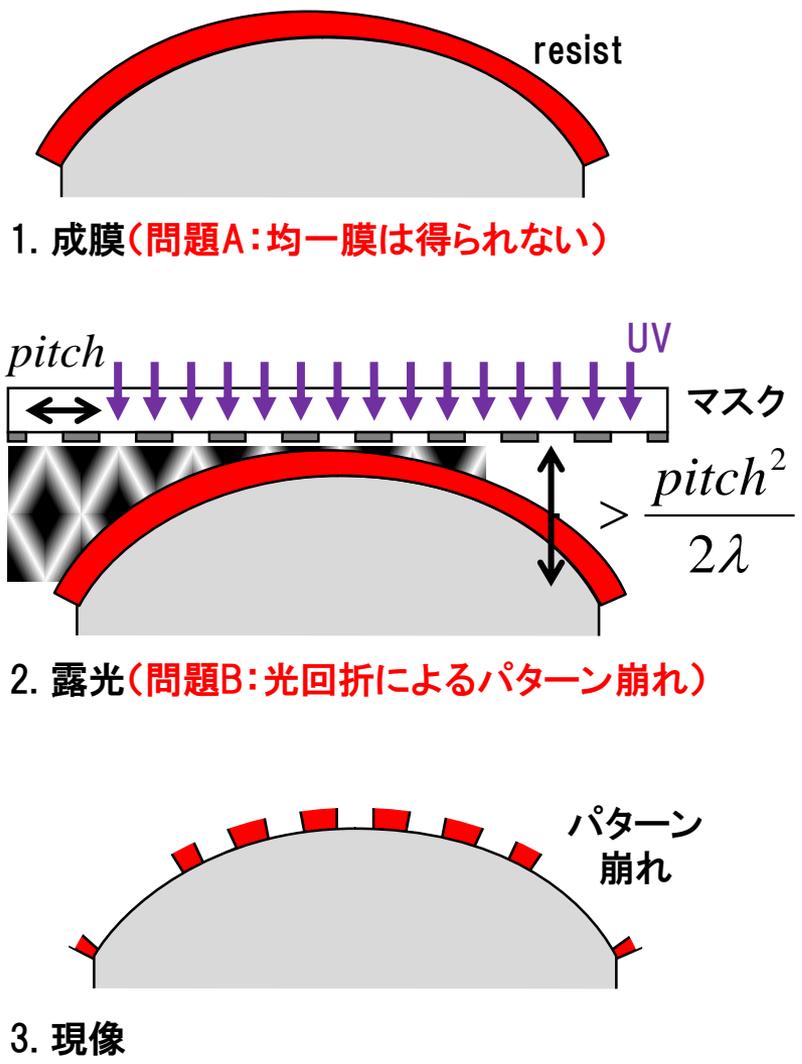


Gap: 4 μ mでマスクパターン形成が困難になる

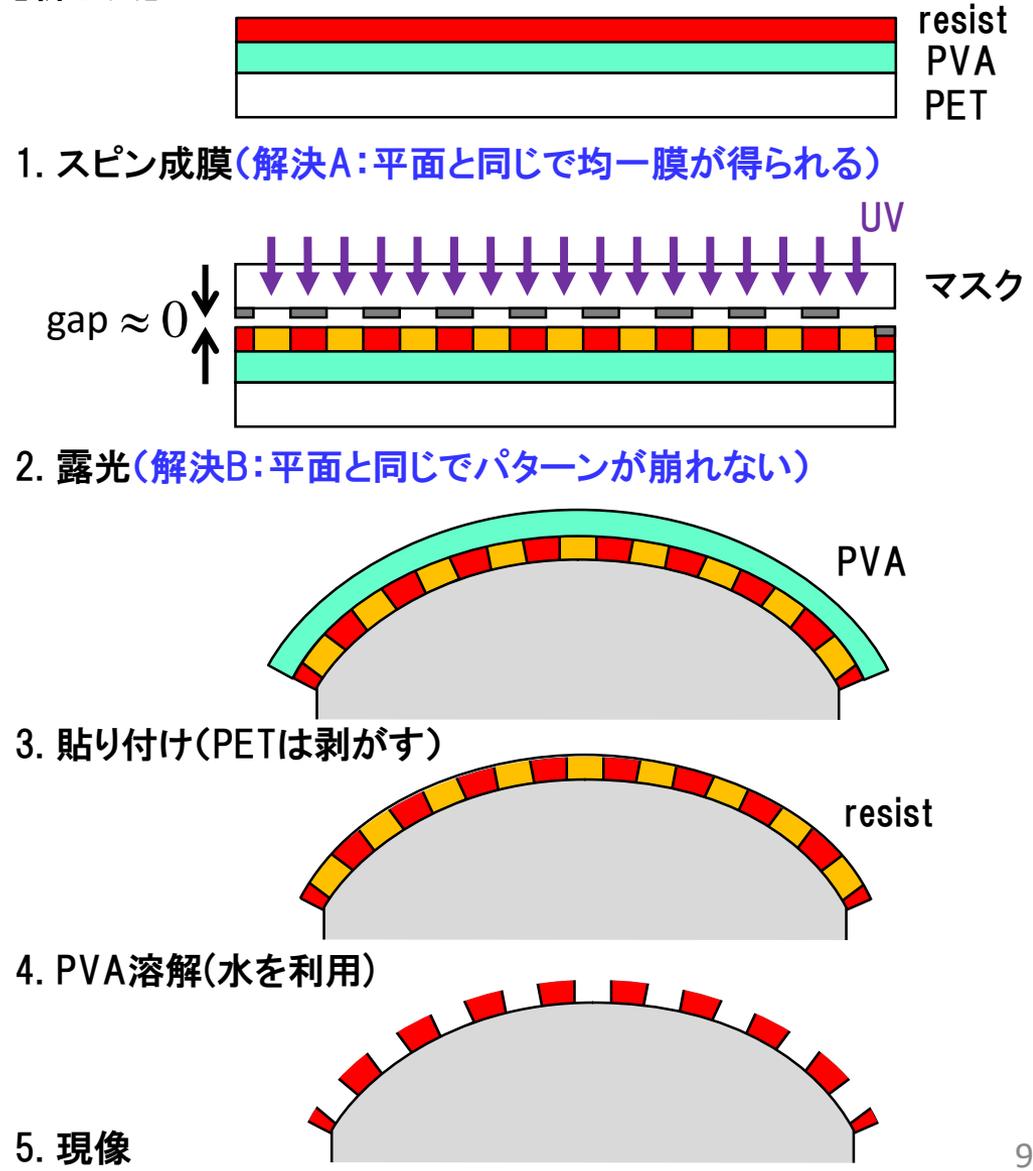
課題: ピッチ d が微細になるほど d^2 で許容される gap が狭くなり, パターン転写が難しくなる

パターンニングしたレジストフィルム貼り付け による解決

【従来法】

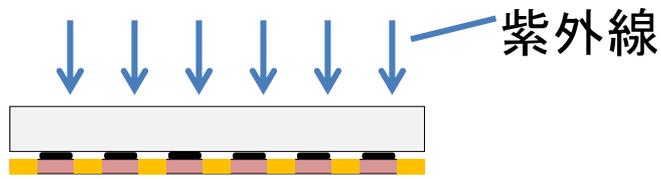


【新手法】



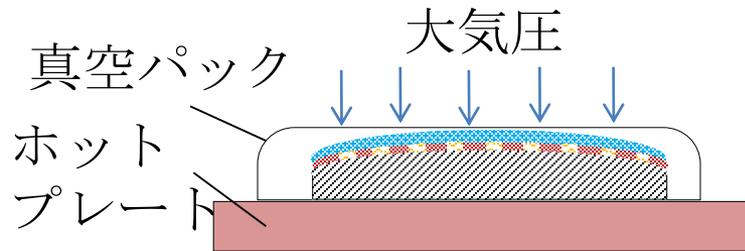
簡易な真空パックで貼り付けた例

1. レジストフィルムパターンニング



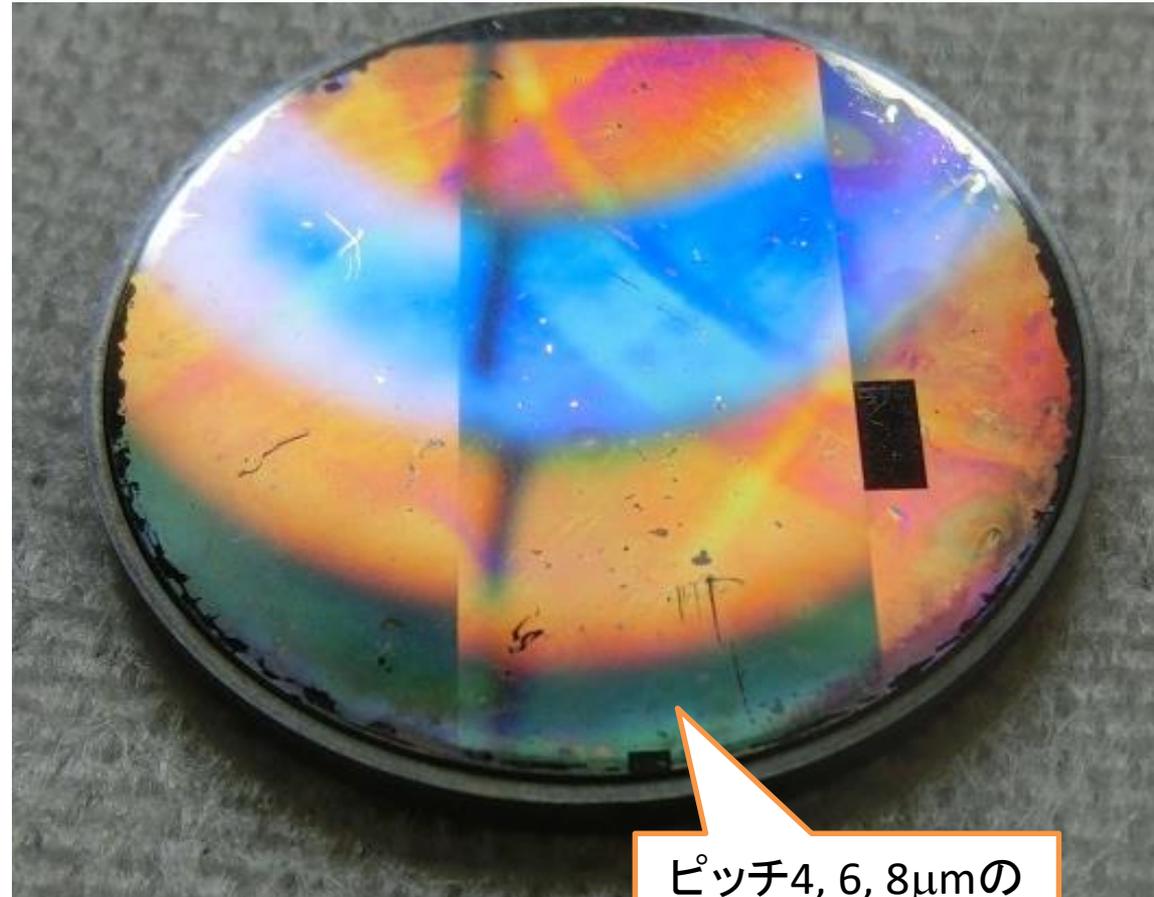
高低差 $60\mu\text{m}$ をもつ曲面付き
ディスク(直径500円玉程度)
にピッチ $4\mu\text{m}$ のパターン形成

2. 真空パックによる レジストフィルム貼り付け



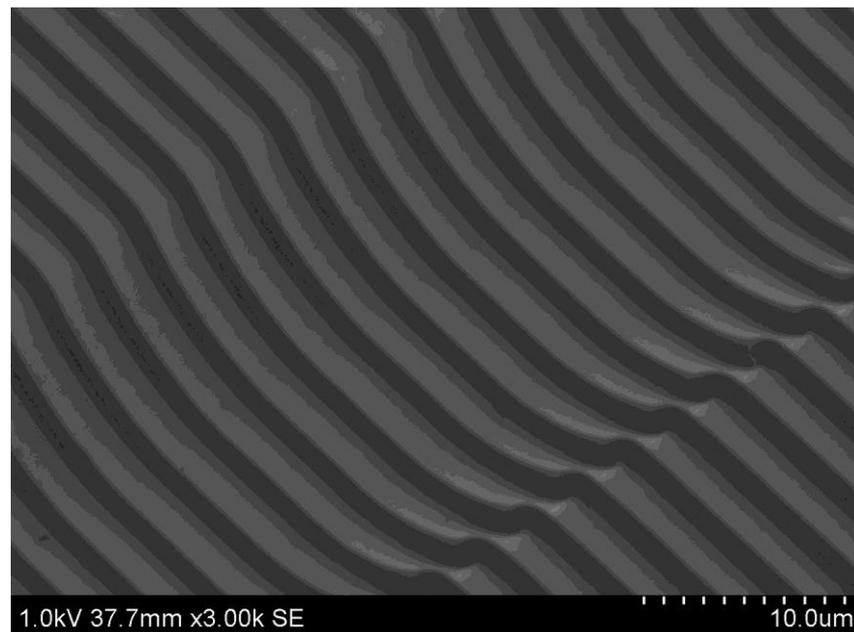
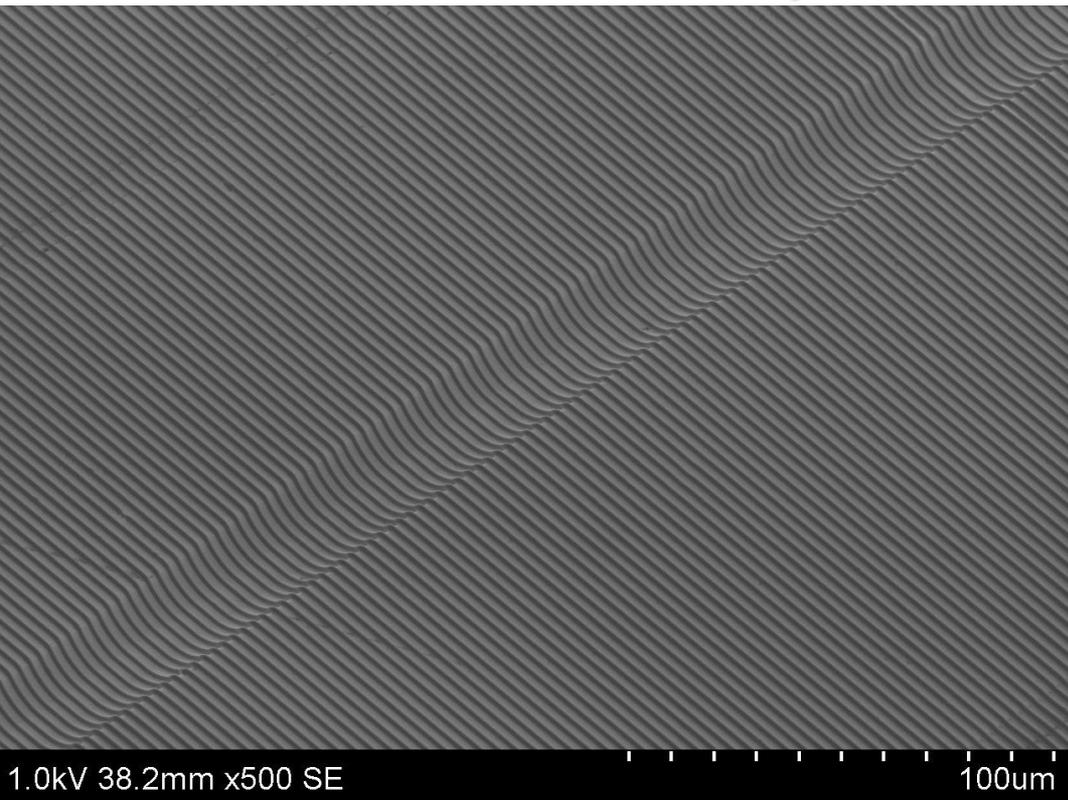
ディスクだと、真空パックの
袋に挟み込む方法で圧力印
加が均一になる。

3. 現像

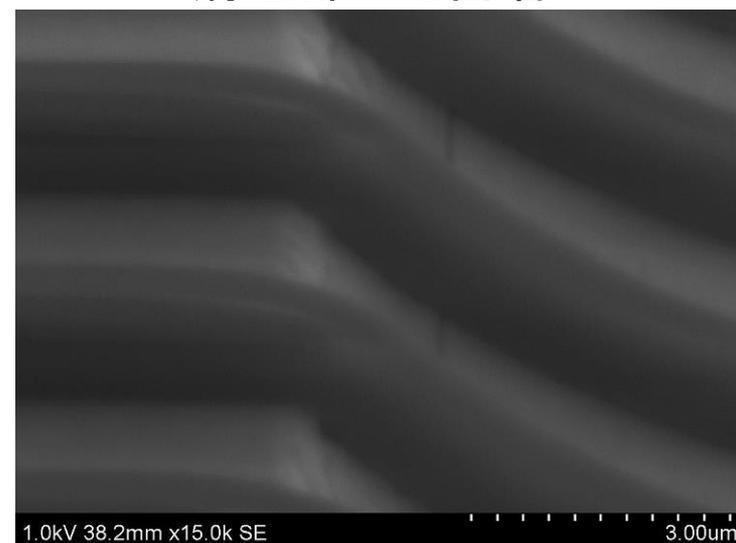


ピッチ $4, 6, 8\mu\text{m}$ の
3領域

溝を横切る3 μm ピッチ格子



溝底部にも密着



フォトリジストパターン寸法

膜厚	上面	1.54 μm
膜厚	底部	1.44 μm
幅	上面	1.70 μm
幅	底部	1.55 μm

LSIで製作が
苦手なコイル
(の下半分)
になりえる

3Dフォトリンソ の新分野

圧延加工での微細パターン付与

従来のショットピーニングは完全な形状制御ではない

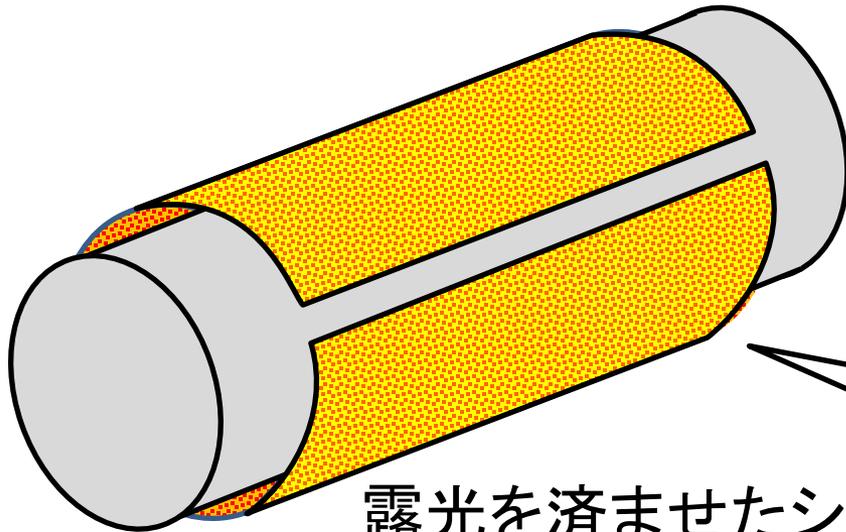


ステンレス板の
艶消し処理例
(アルミは難)

<http://nishitama.fc2web.com/sus233.htm>
ステンレス通勤型電車の塗装 から

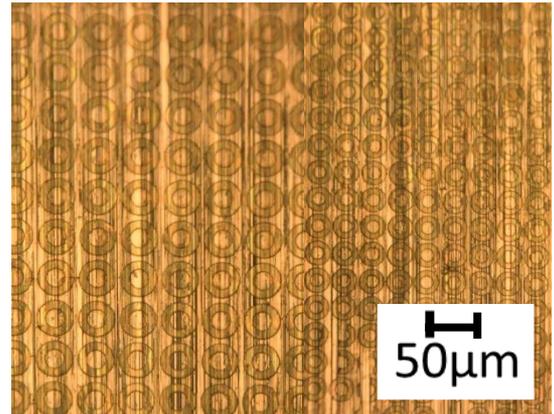


正橋直哉(東北大)「圧延の基礎」資料から



圧延
ドラム

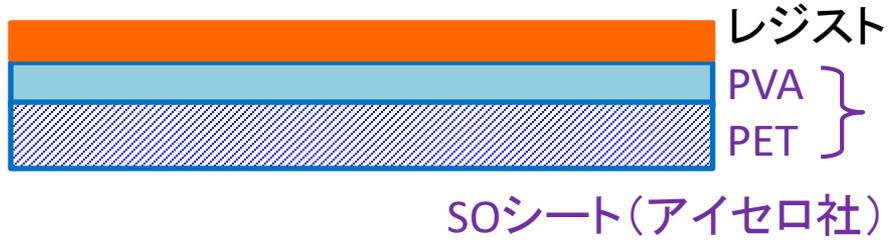
露光を済ませたシート
を円筒面に貼り付け



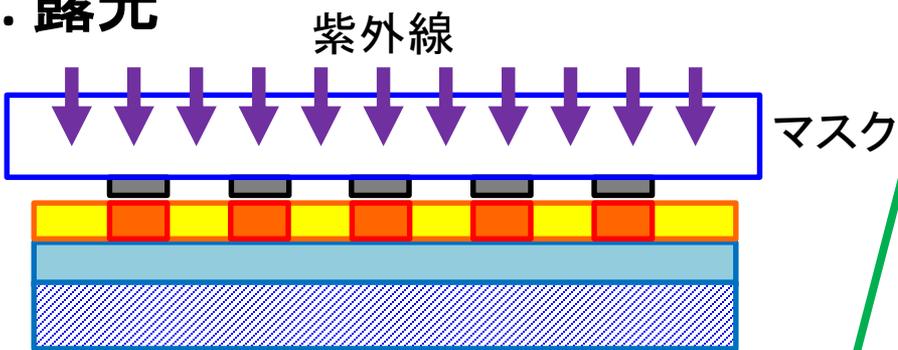
形状を制御して微細化

圧延ロールの3次元フォトリソグラフィ加工

1. レジスト塗布

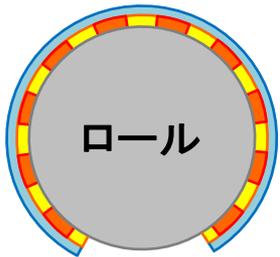


2. 露光

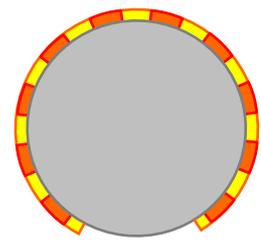


シートを利用する点が新規

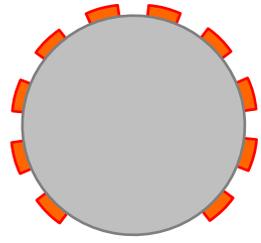
3. PET付きでロールに仮付けし PETを剥がして本貼付け



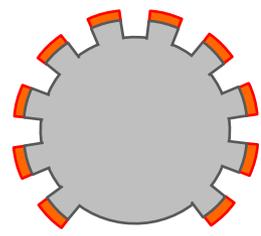
4. PVA除去



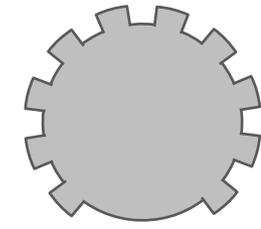
5. 現像



6. エッチング



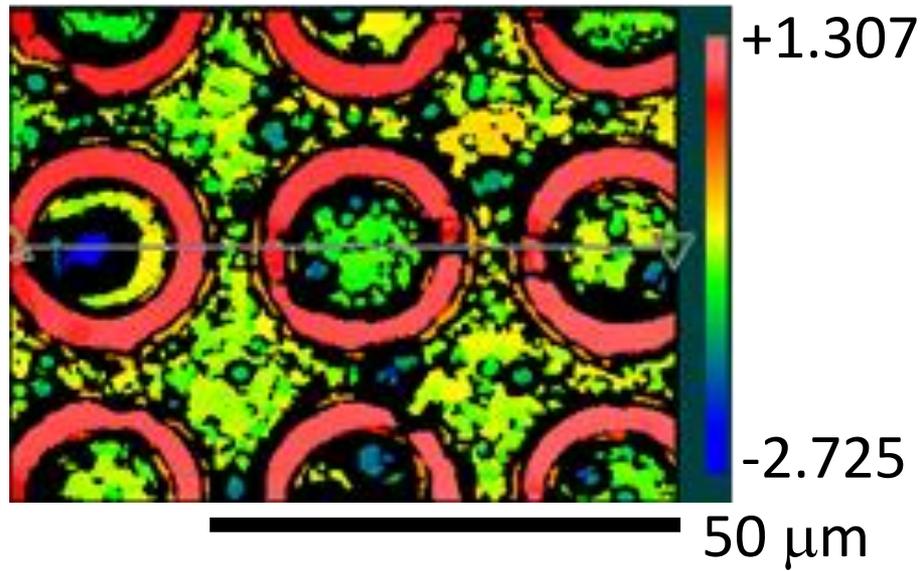
7. レジスト除去



全工程で多点同時に加工が進む

ロール面のリング形状

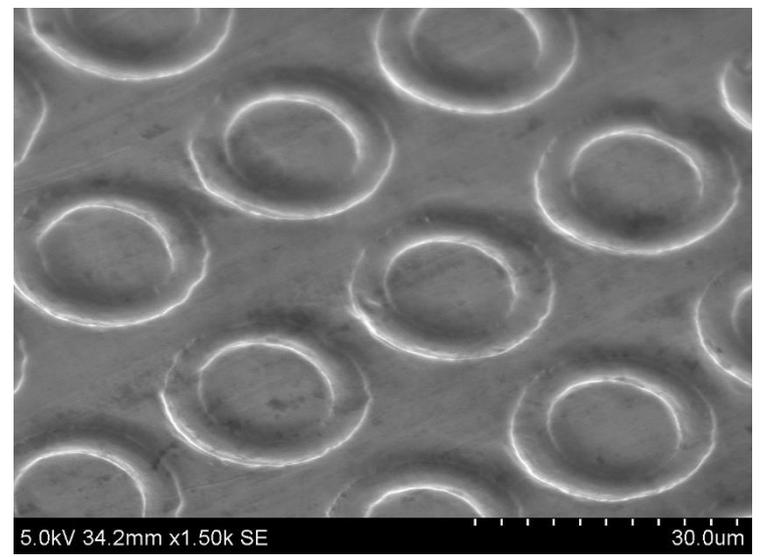
FeCl₃ ウェットエッチング (~2μm) と電界研磨処理したロール



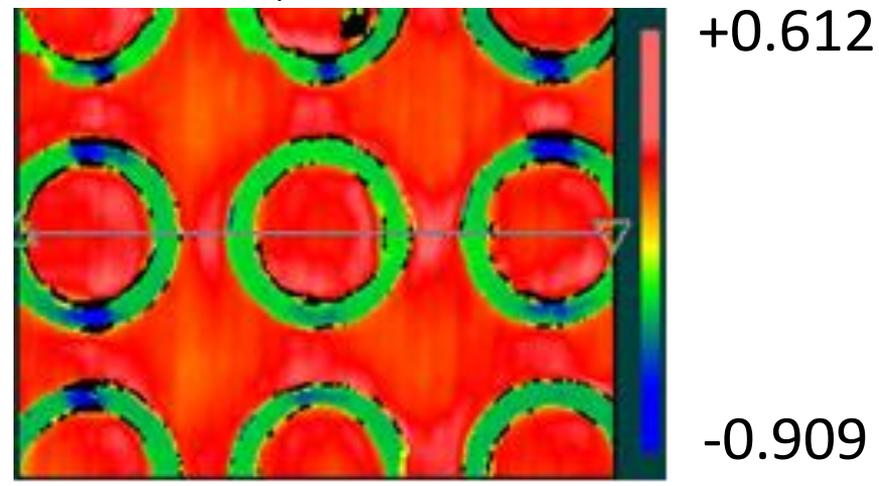
深さは平均1.8μm。
エッチング面は表面粗さが顕著。
尖った構造は無い。

先端部のみがAI板に接触して
跡を付ける条件にできる

転写されたパターン



リング外径 22μm, 幅 2.8μm
深さ ~0.5μm



AIのむしれ無し

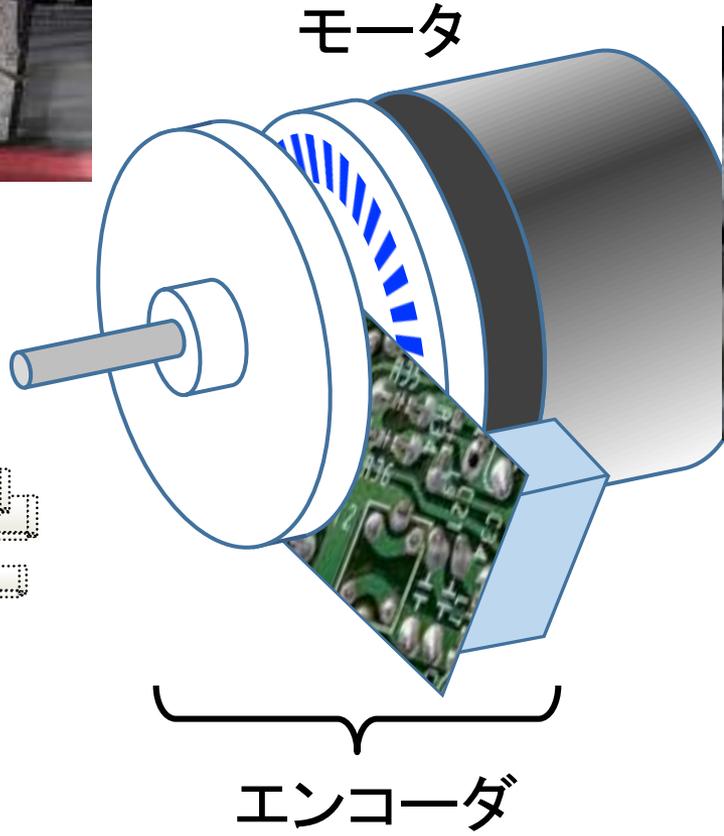
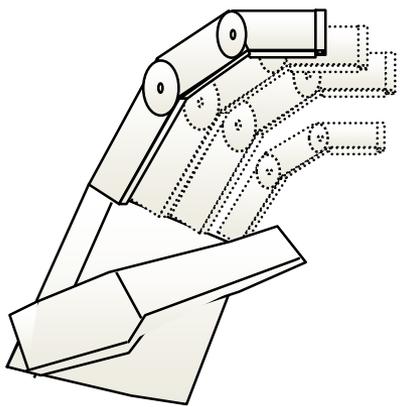
3Dフォトリス の新分野

小型モータ用高精度エンコーダ

温度変化や応力負荷の高い環境で動作するロボットハンドでは、小型・高精度に加えて堅牢性が重要となる。ガラス格子を取り付ける方法は問題が多い。



災害用ロボコン
イメージ 米
DARPA 2012

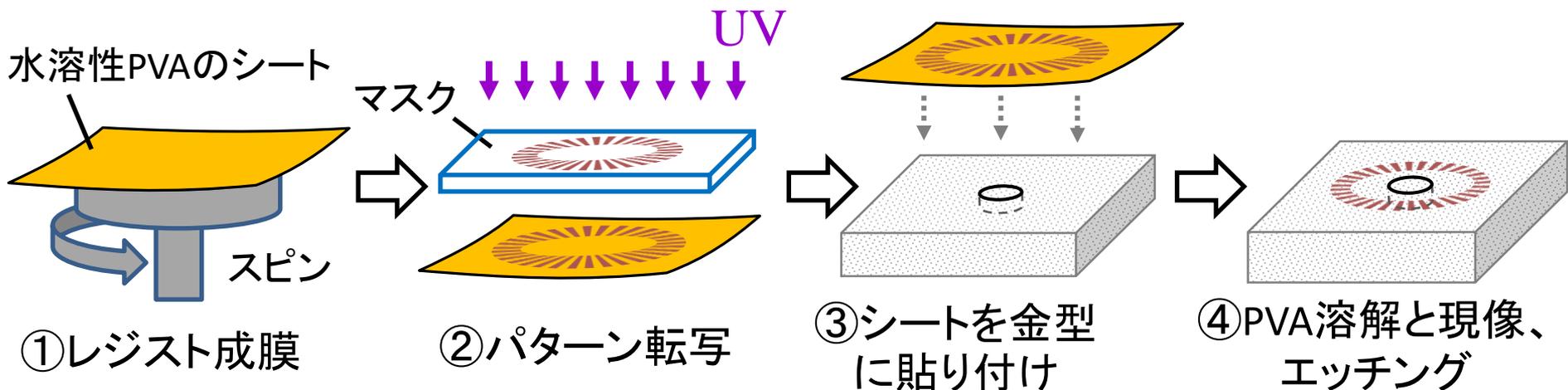


高精度用途
ガラススケール

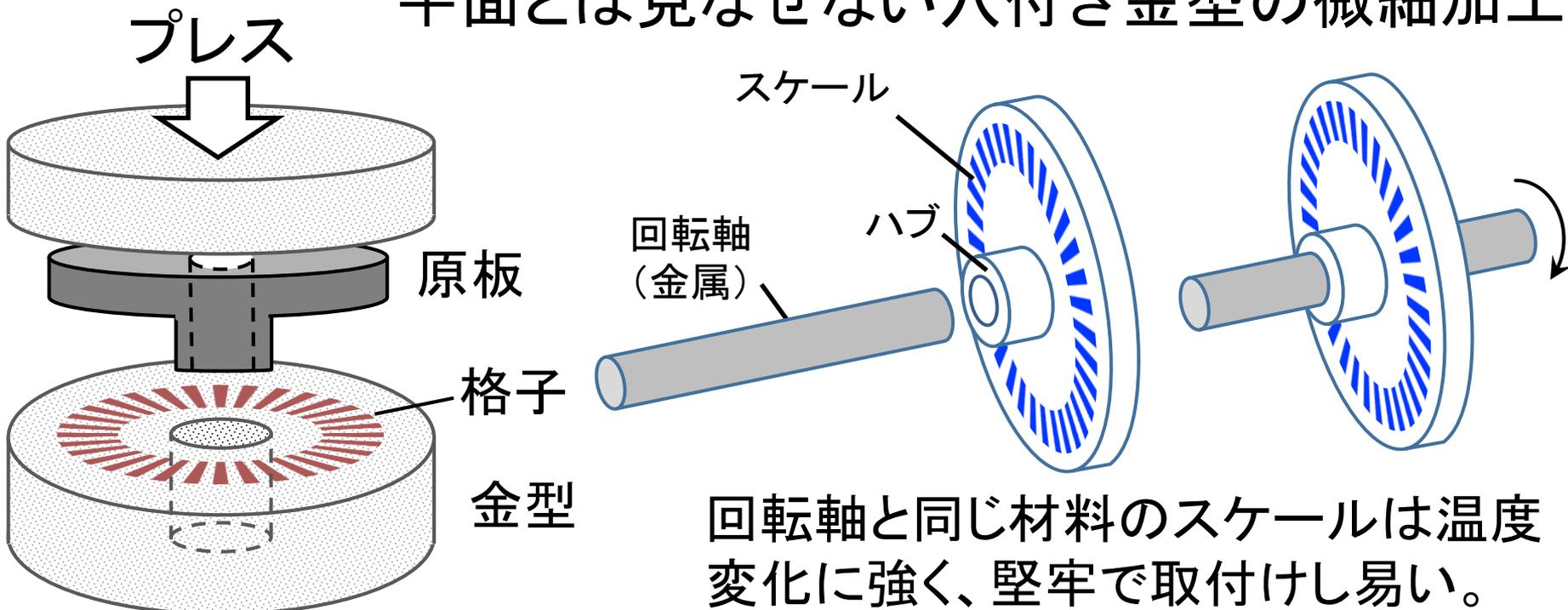


金属スケール

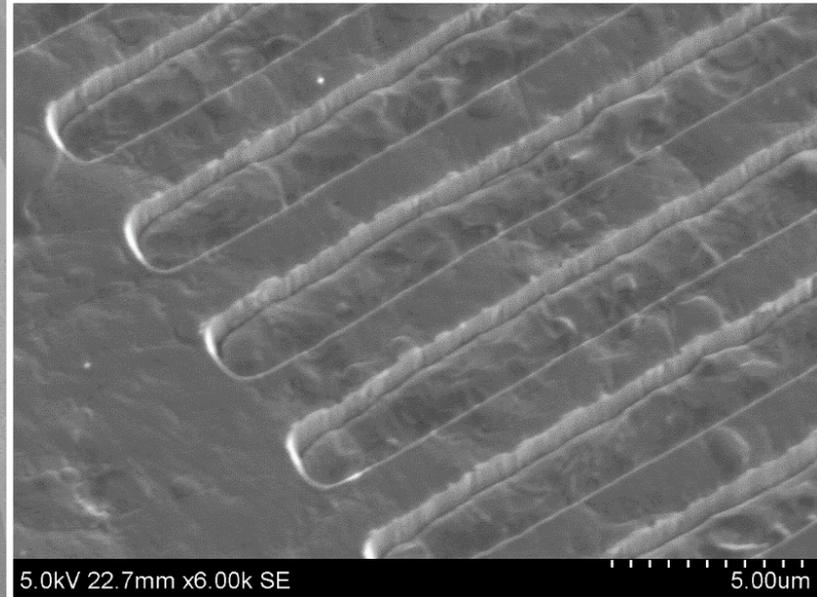
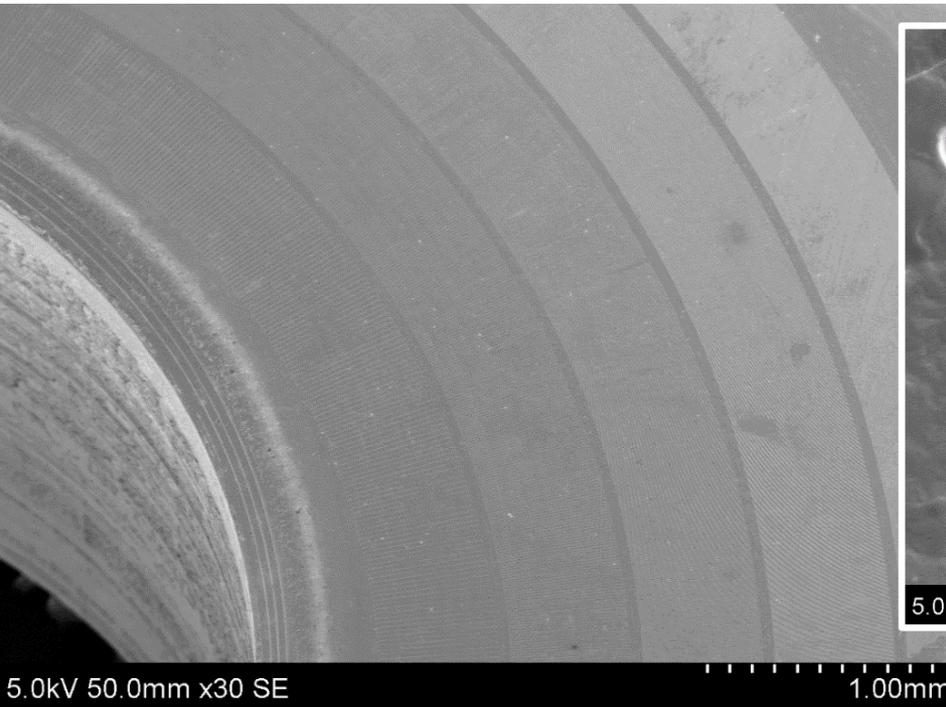
金型への高精度スケールの微細加工



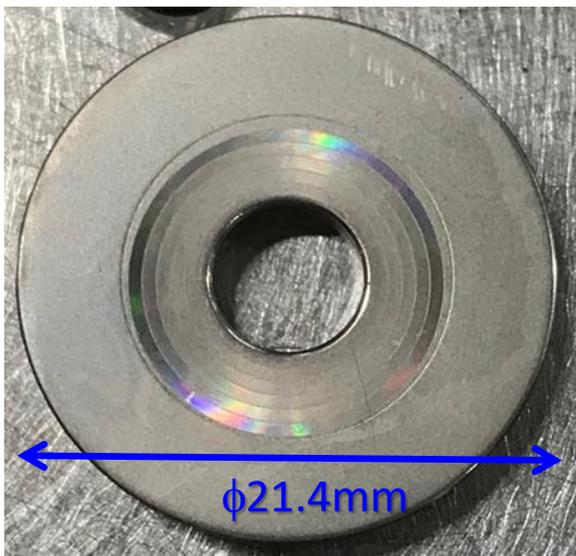
平面とは見なせない穴付き金型の微細加工



イオンミリングした金型上の格子パターン

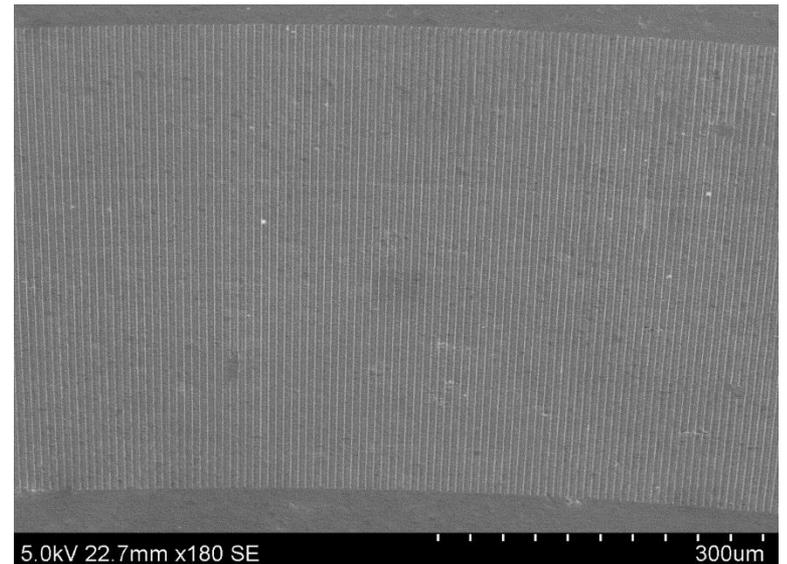


格子幅
約1 μ m



幅10~1 μ m
格子5種
のトラック

ダイス鋼
SKD11



金属板SUS304にプレス転写確認済 17

まとめ

様々な立体加工に関する相談を受けて新発想に至った。
例題から刺激を受け、発想を豊かにできた。

- フィルム状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。根本が変わるアイデアであり、様々な発展があり得る。
- 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）が利用でき、他に用意するのはサンプルに合わせた治具類くらい。一度に微細な形状を多点加工する並列処理の長所を保持する。
- 加工対象は、精密機械など、半導体を前提とする分野を超えて広がる。