

共用クリーンルームにおける研究支援と 微細加工プロセス技術の開発

東京工業大学

オープンファシリティセンター
マイクロプロセス部門長

松 谷 晃 宏

東京工業大学では、令和2年4月 オープンファシリティセンターが組織されました

研究者が研究に専念できる環境の整備に関する業務を行うとともに、学内外の研究者等への設備共用の促進、学生教育の支援及び技術に関する専門的業務を円滑かつ効率的に行うことにより、大学の発展に寄与することを目的とする(国立大学法人東京工業大学オープンファシリティセンター規則第2条)。

設計製作部門, 分析部門, 教育支援部門,
情報基盤支援部門, 安全管理・放射線部門
マイクロプロセス部門, バイオ部門

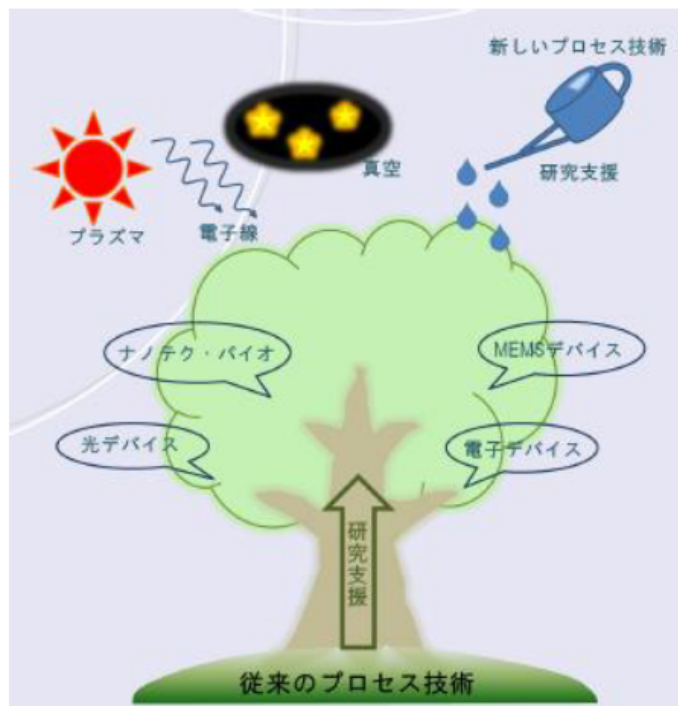
マイクロプロセス部門

主な技術支援業務: 半導体プロセスによる集積システム及びMEMS開発支援
(国立大学法人東京工業大学オープンファシリティセンター規則第9条)

対象分野は→ 半導体 光・電子デバイス
MEMSデバイス
マイクロ流路(バイオ応用)
関連材料の分析



マイクロプロセス部門の技術の核と研究支援の考え方

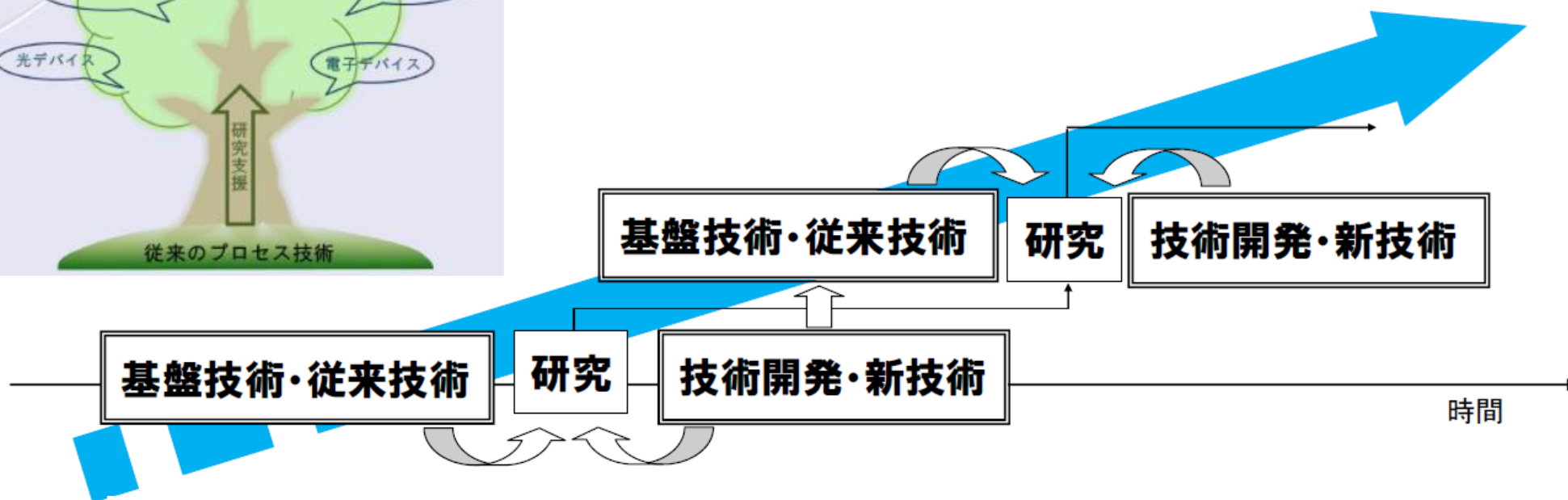


【技術の核】

真空, プラズマ, 電子線

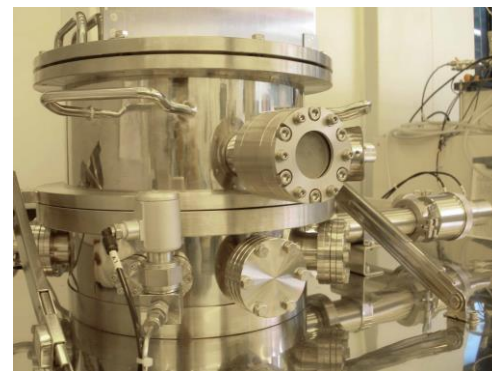
【技術分野】

薄膜形成, パターン形成, エッチング, 評価・分析・計測



(1) 共通施設の管理・運営

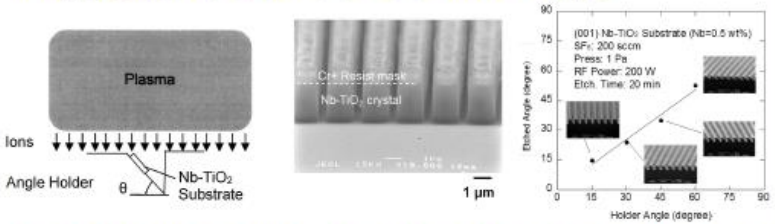
- ＞クリーンルーム運営及び関連実験装置担当
 - ＞装置利用講習
 - ＞分析評価, プロセス支援,
 - ＞技術相談, 実験立ち合い
 - ＞実験装置の保守等に関すること
 - ＞授業支援
 - ＞ユーティリティの管理保守
 - ＞クリーンルーム以外に設置されている学内共用設備の担当
- など…



(2)新技術の開発, 研究室とのコラボレーション

当部門における新しいプロセス技術の開発例

TiO₂結晶基板のドライエッチングプロセスの開発

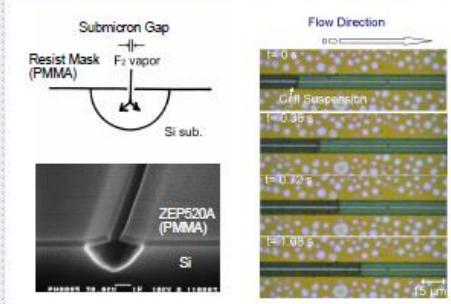


A. Matsutani, K. Nishioka, M. Sato, D. Shoji, D. Kobayashi, T. Isobe, A. Nakajima, T. Tatsuma, S. Matsushita, Jpn. J. Appl. Phys. 53,

プラズマ表面処理

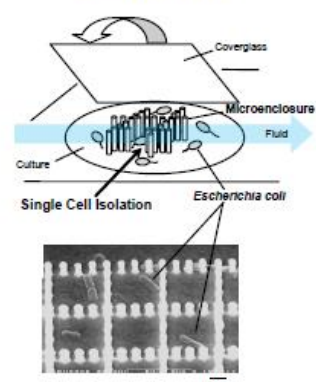


気相エッチングによるマイクロ流路の形成



A. Matsutani and A. Takada, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 047001 (2013) 科研費23510141

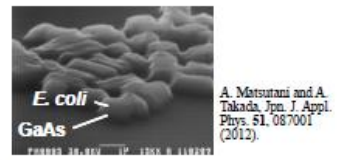
マイクロピラーアレイ構造を用いた微生物細胞の単一分離技術



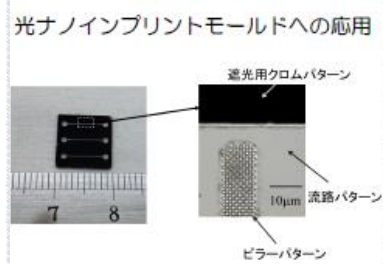
懸濁液を滴下するだけで
単一細胞の分離が可能

A. Matsutani and A. Takada, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 087001 (2012)
特許第5622189号

細胞のプラズマエッチングマスク材料への応用

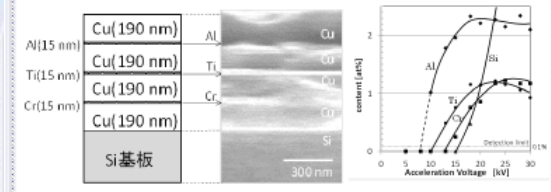


EB描画とRIEによるナノパターン石英モールドフォトマスクの開発



西岡 麗生 平成26年度北海道大学総合技術研究会
P01-02B 科研費26917022

EDX分析におけるX線発生領域の推定



Cu薄膜のEDX分析におけるX線発生領域を多層膜構造の試料を用いて測定 加速電圧を変化させ、深さ方向の検出範囲について定量的に評価

佐藤 美那, 松谷 貴宏, 菅根 正人, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 2014, 19p-P02-4

Deep-RIEによりエッチングされたSi側面の組成分析

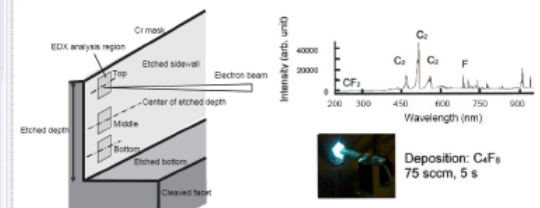


Table IV. Results of semiquantitative EDX analysis of the 1.3 μm trench sidewall and 40 μm etched depth. The distance between sample top surface and the center of measured region was 3 μm (top), 20 μm (middle), and 37 μm (bottom). EDX: 5 kV, at. %.

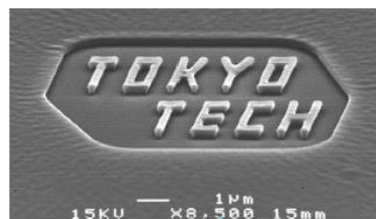
	Si	C	F	O	S	Al
Top	93.9	4.5	0.8	0.8	0.0	0.0
Middle	95.5	3.9	0.0	0.3	0.0	0.0
Bottom	95.3	3.8	0.4	0.5	0.0	0.0

A. Matsutani, K. Nishioka and M. Sato, Jpn. J. Appl. Phys. 55, 06GH05 (2016).

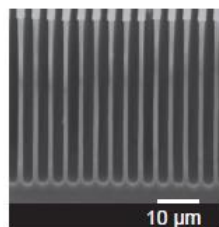
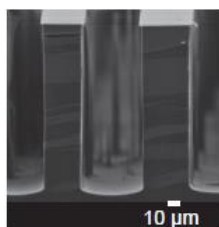
半導体プロセス技術の特徴

- (1) 新しいデバイス製作には、新しいプロセス技術が必要
- (2) トライアンドエラーを含む実験研究
- (3) 複数の装置を用いて評価分析結果を適宜フィードバック

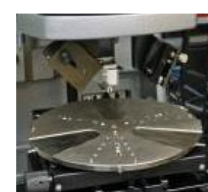
リソグラフィ技術



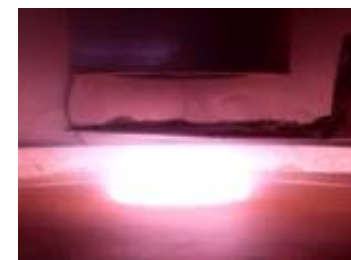
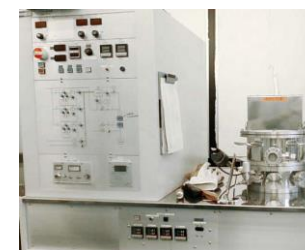
エッチング技術



測定・評価・観察・分析



薄膜形成技術



クリーンルームの研究支援の考え方として見落とされている点

- ・実験装置には固有の特性があること,
- ・プロセス技術はノウハウが多く, 経験が財産であること

→ 初心者や経験の浅い利用者では, 単なる設備利用では十分な成果を出せないことが多い. この技術分野の特徴.

- ・プロセス技術それ自身が研究分野であることが, ほとんどの場合に考慮されていない.

→ 装置の時間貸しのような研究支援スタイルだけでは不十分で, 利用者と相談しながら共同実験するスタイルがベスト

メカノマイクロプロセス室の研究支援設備



【成膜】
スパッタ装置
(サンユー電子)



【成膜】
スパッタ装置
(キヤノンアネルバ)



【成膜】
蒸着装置
(サンユー電子)



【成膜】
プラズマCVD装置
(サムコ)



【成膜】
スパッタ装置
(サンユー電子)



【成膜】
EB蒸着装置
(サンユー電子)



【成膜】
EB蒸着装置
(ULVAC)



【リソグラフィ】
マスクアライナー
(ミカサ、共和理研)



【リソグラフィ】
EB露光装置
(東京テクノロジー)



【リソグラフィ】
レーザー描画装置
(ネオアーク)



【試料切断】
ダイシングソー
(ディスコ)



【エッチング】
RIE装置
(サムコ)



【エッチング】
XeF₂気相エッチング装置
(自作)



【エッチング】
ECRイオンシャワー装置
(エリオクロス)



【表面処理】
真空加熱炉
(サーモ理工)



【表面処理】
UVオゾンクリーナー
(フイルジェン)



【観察】
FE-SEM
(JEOL)



【観察】
レーザー顕微鏡
(キーエンス)



【評価】
エリプソメトリ
(清風光学)



【評価】
触針式表面形状測定器
(Veeco)



【観察】
AFM
(SII)



【観察】
光学顕微鏡
(オリンパス、ニコン)



【接合】
隣接接合装置
(自作)



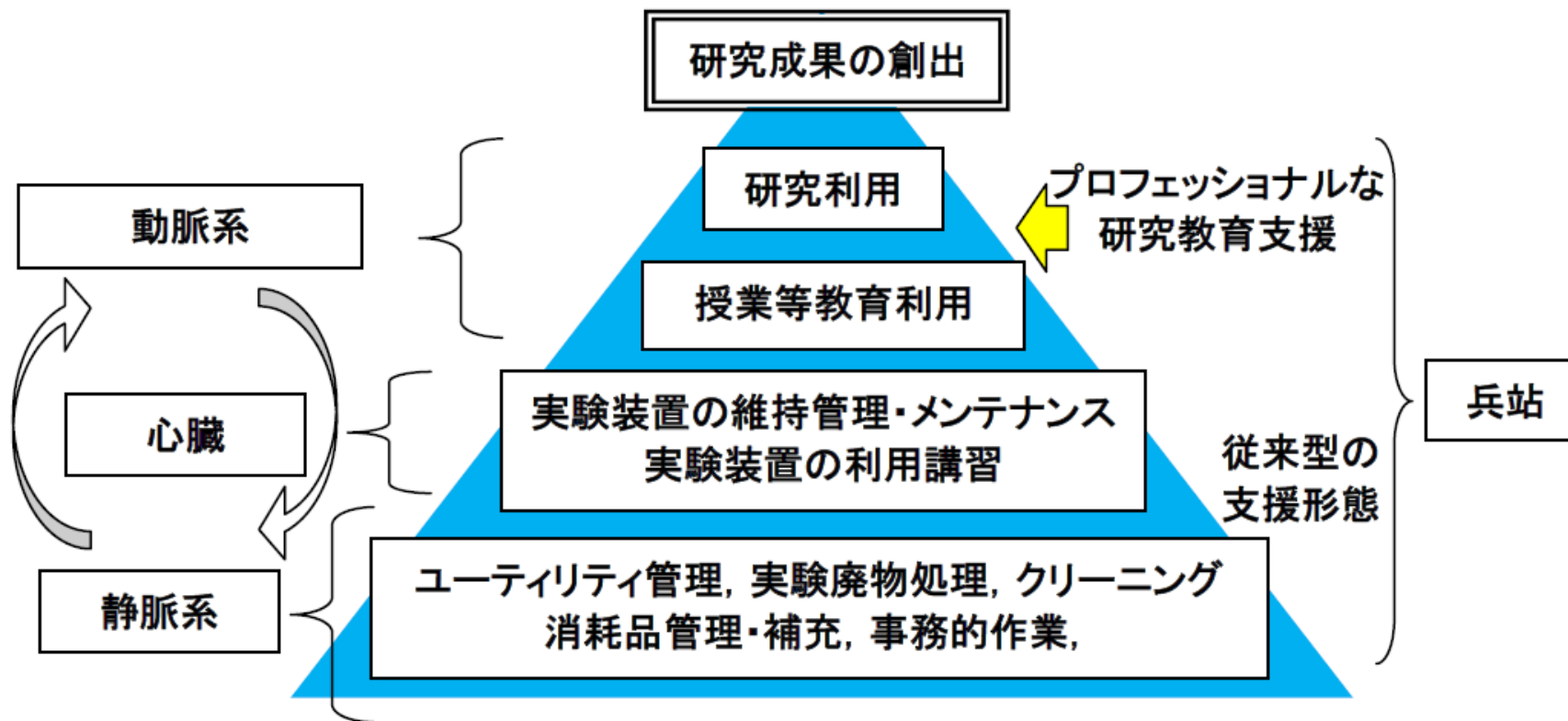
【薬品処理】
ドラフトチャンバー

他にも、メカノマイクロプロセス室には
純水装置、研磨機、金属顕微鏡、
超臨界乾燥装置、スピンドーター、
ホットプレート、SEM観察用Auコーター、EDX、
メカノマイクロプロセス室2には、加熱炉、
ウェットエッチング用器具、などがあります。

コアファシリティとしての汎用的な
共用設備を中心として、他機関
から着任したばかりの研究者や
若手研究者にもスピーディにか
つ自由に研究に打ち込める環境
を提供しています。

<http://www.mmp.pi.titech.ac.jp/>

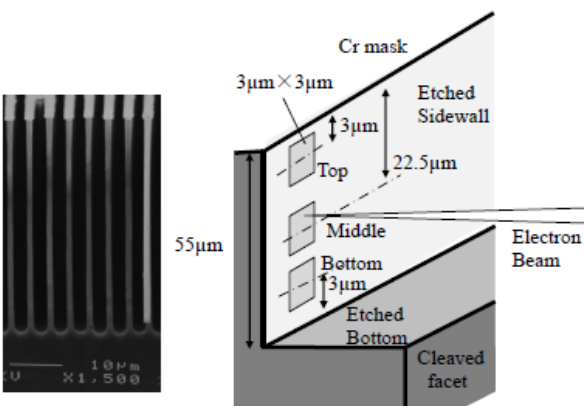
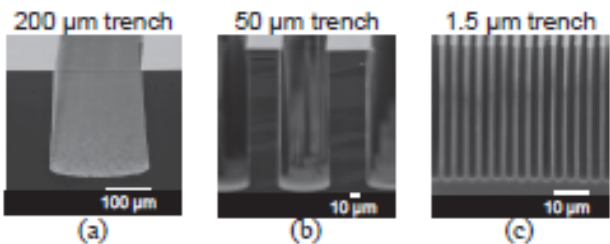
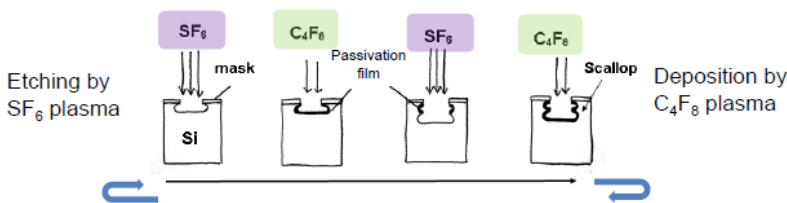
メカノマイクロプロセス室の運営の概略



どれが欠けても円滑な運営が成立せず, 研究成果の創出に結びつかない

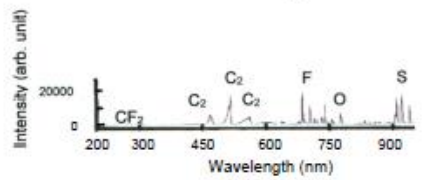
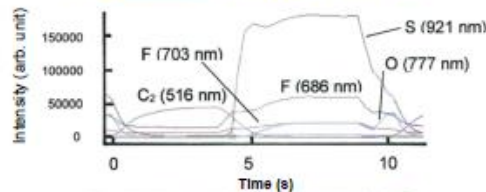
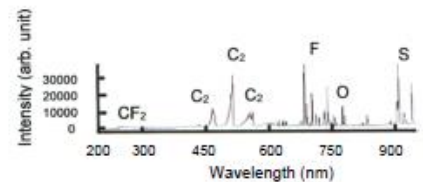
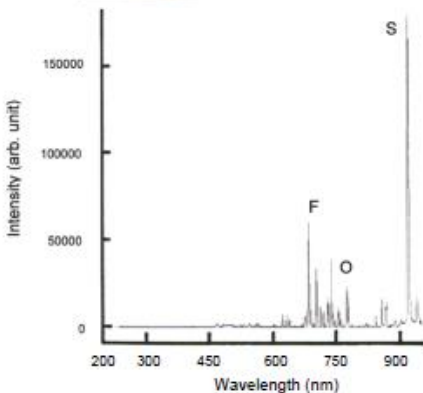
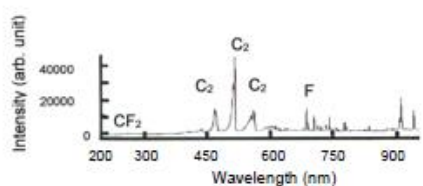
Deep-RIE によりエッチングされた Si 側壁の EDX 分析

Japanese Journal of Applied Physics 55, 06GH05 (2016)



@ 5 kV

Atom	Bottom	Middle	Top
Si	95.3	95.5	93.9
C	3.8	3.9	4.5
O	0.5	0.3	0.8
F	0.4	0.0	0.8
Al	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0



固体ソース H₂O プラズマを用いたエッチング技術

Japanese Journal of Applied Physics Vol. 47, No. 6, 2008, pp. 5113–5115

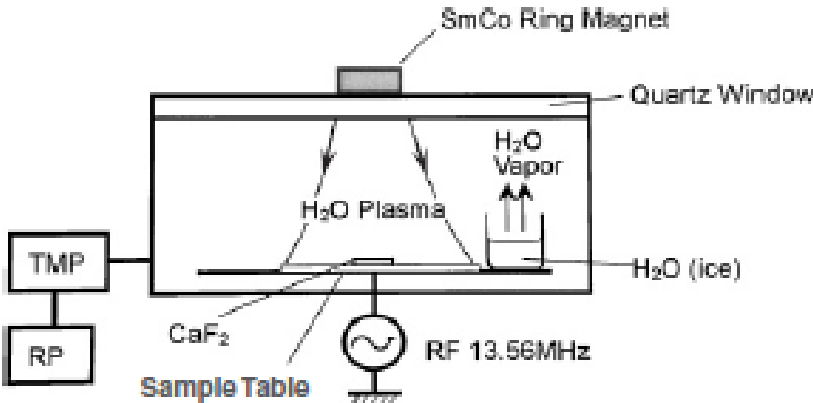
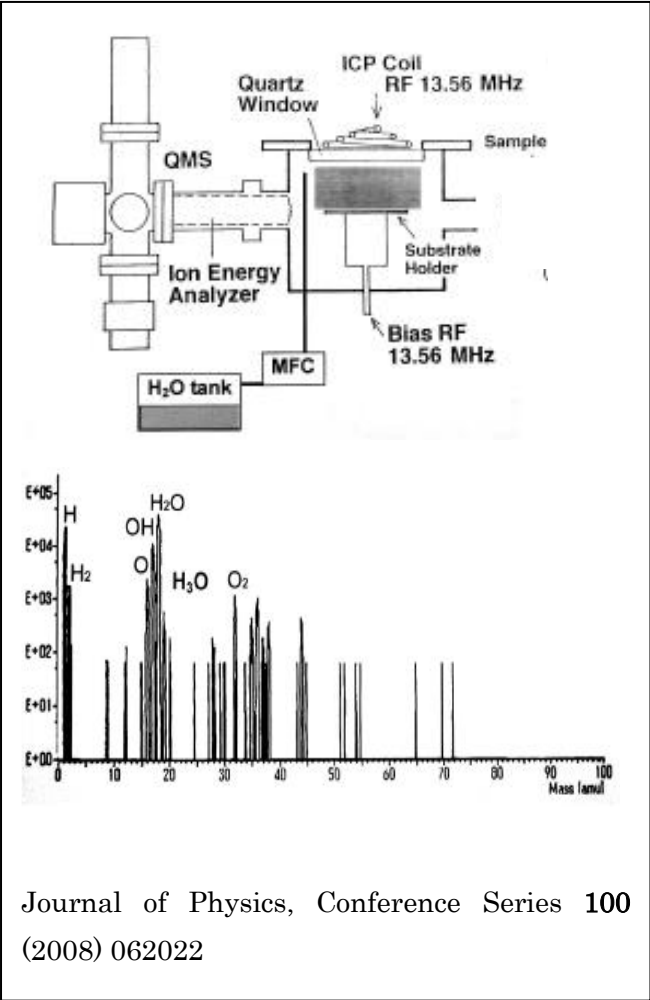


Fig. 1. Schematic diagram of etching system using H₂O solid source and SmCo ring magnet.

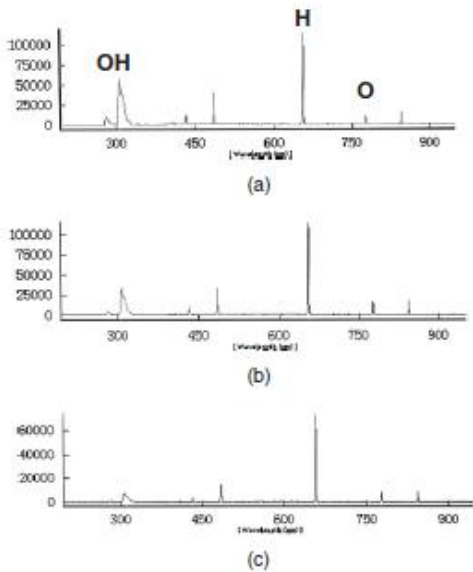
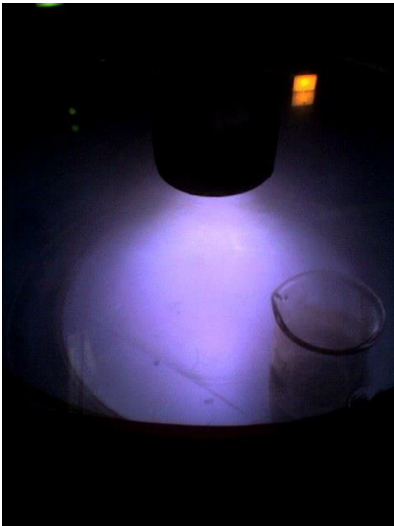
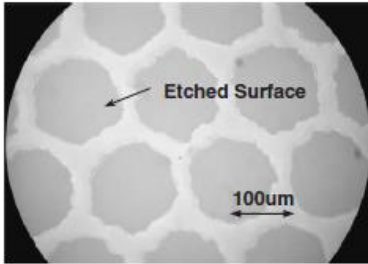
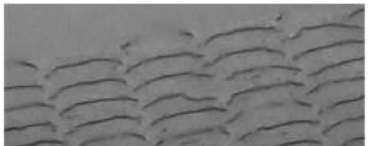


Fig. 3. Emission spectra of H₂O plasma observed through the top quartz window: (a) with Si table and with magnet, (b) without Si table and with magnet, (c) without Si table and without magnet.



(a)



マルチピラー構造による単一細胞分離チップの開発

Japanese Journal of Applied Physics **49** (2010) 127201

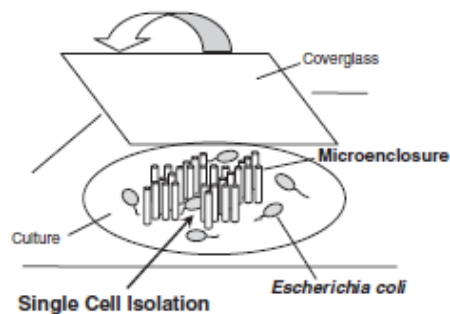


Fig. 1. Schematic diagram of single-cell isolation of bacteria using microenclosure array.

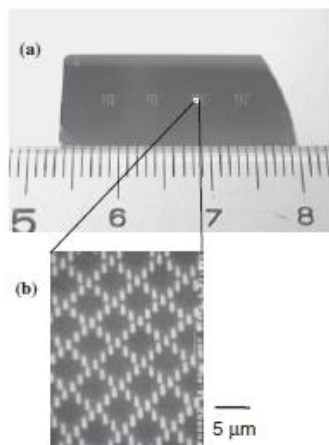


Fig. 2. Microenclosure array fabricated on GaAs wafer: (a) photograph and (b) SEM image.

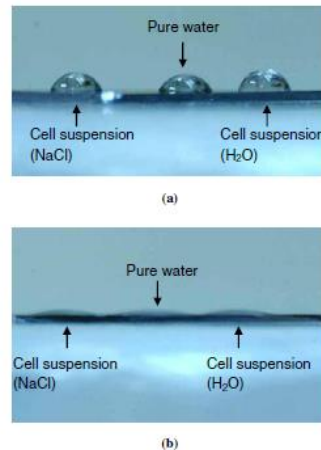


Fig. 3. (Color online) Photographs of wetting of a liquid drop on GaAs substrate surface after plasma process: (a) Cl_2 -ICP etching and (b) Cl_2 -ICP etching + O_2 plasma.

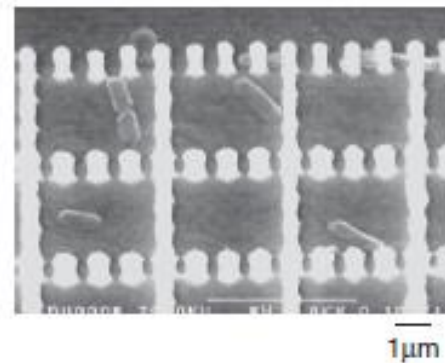


Fig. 5. SEM image of single cells of *E. coli* isolated using the microenclosure fabricated on InP substrate.

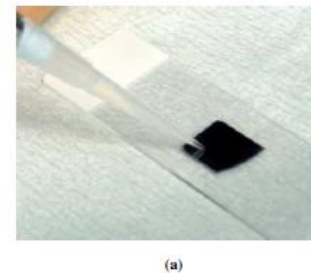


Fig. 4. (Color online) Experimental procedure and microscopy image of cells isolated using the microenclosure: (a) experimental procedure and (b) episcopic optical microscopy image.

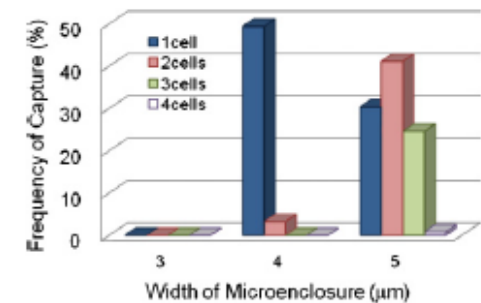


Fig. 7. (Color online) Relationship between the width of microenclosure and frequency of capture of *E. coli* cells.

マイクロ罫いによる細胞のサイズ分離と単一分離

Sensors and Materials, Vol. 27, No. 5 (2015) 383–390

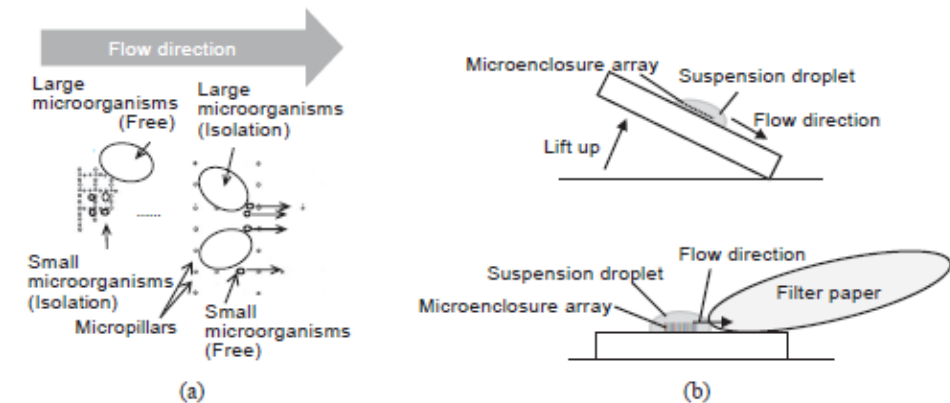


Fig. 2. (a) Schematic of proposed structure for size sieving microbial cell isolation apparatus and (b) liquid flow directed by tilting chips or sucking with a filter paper.

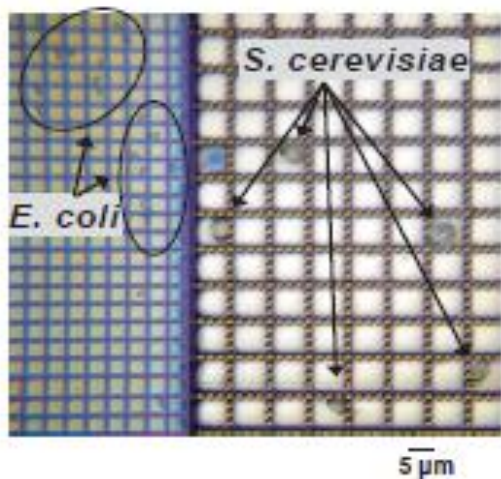


Fig. 4. Optical microscopic image of isolation of *E. coli* and *S. cerevisiae* cells.

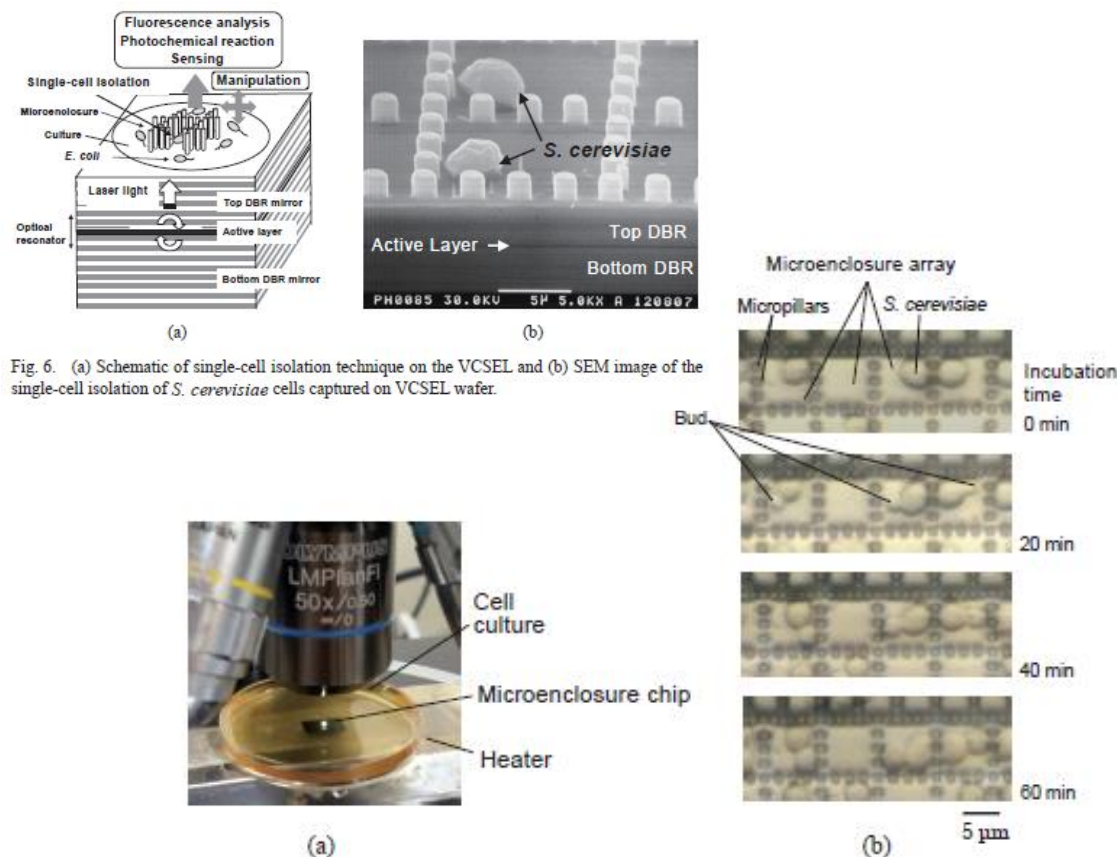


Fig. 5. (a) Incubation system used in this experiment and (b) results of a 1 h incubation of *S. cerevisiae* with the microenclosure array.

Fig. 6. (a) Schematic of single-cell isolation technique on the VCSEL and (b) SEM image of the single-cell isolation of *S. cerevisiae* cells captured on VCSEL wafer.

気相フッ素エッチングによるマイクロ流路の製作

Japanese Journal of Applied Physics 52 (2013) 047001

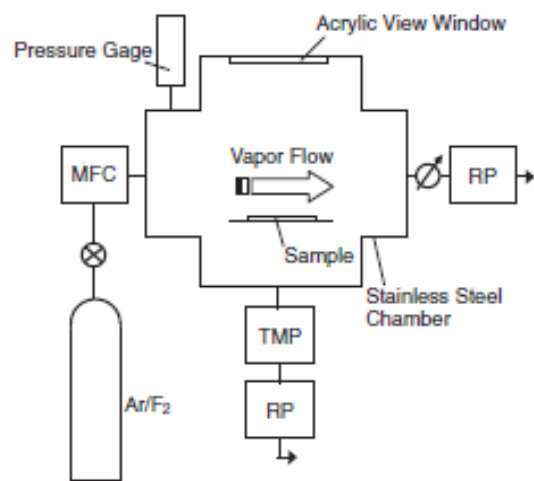


Fig. 1. Schematic diagram of Ar/F₂ vapor etching system used in this experiment.

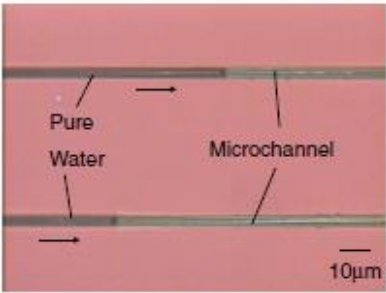


Fig. 4. (Color online) Optical microscopy image (top view) of the Si microchannel fabricated by Ar/F₂ vapor etching.

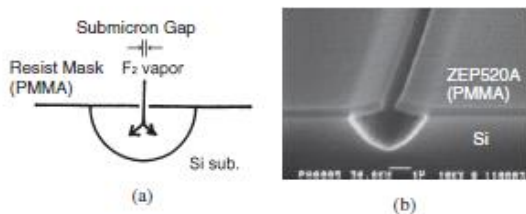


Fig. 3. (a) Schematic diagram of fabrication process of microchannel by vapor etching. (b) SEM image of a microchannel fabricated by Ar/F₂ vapor etching process.

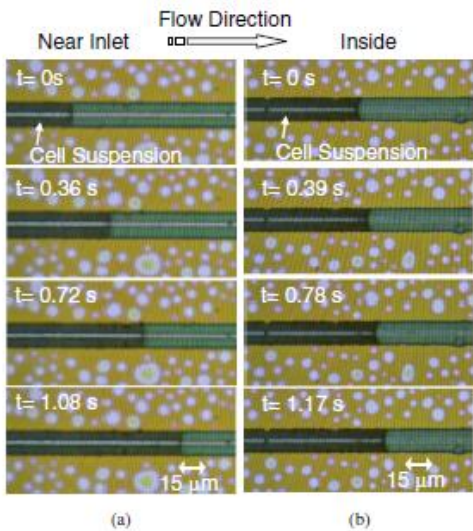


Fig. 5. (Color online) (a) Optical microscopy images of capillary filling the inlet. (b) Optical microscopy images of capillary filling far from the inlet.

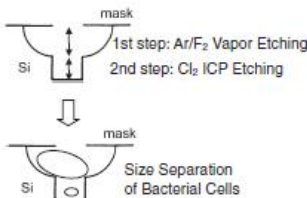


Fig. 7. Principle of the fabrication of the microchannel for separating cells according to cell size.

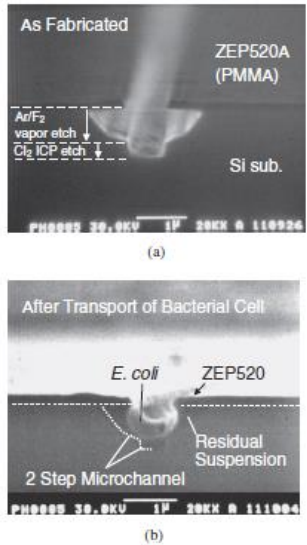


Fig. 8. (a) SEM image of a two-step microchannel fabricated by Ar/F₂ vapor etching and Cl₂-based ICP etching. (b) SEM image after passing suspension of *E. coli* cells into the two-step microchannel.

XeF₂ 気相エッチングとスンプ法による単一細胞分離チップの製作

Sensors and Materials, Vol. 30, No. 1 (2018) 149–155

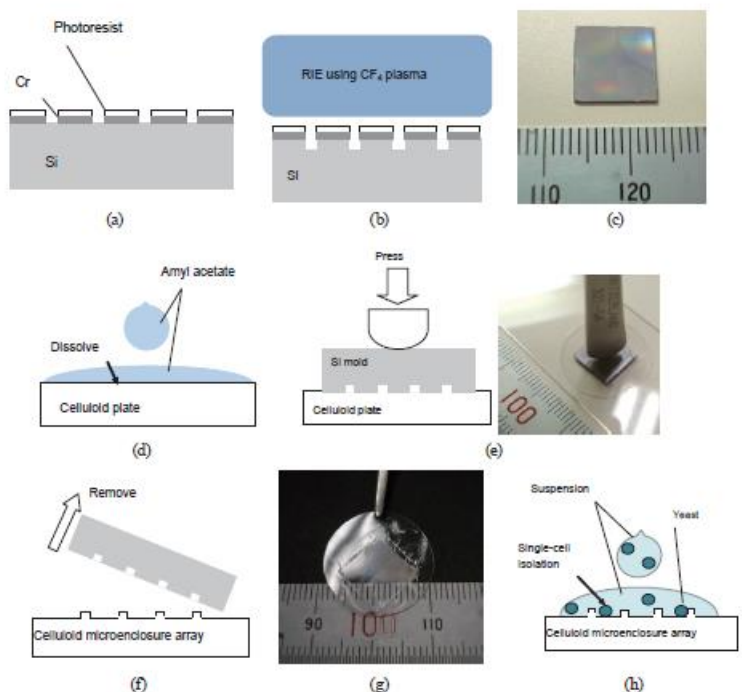
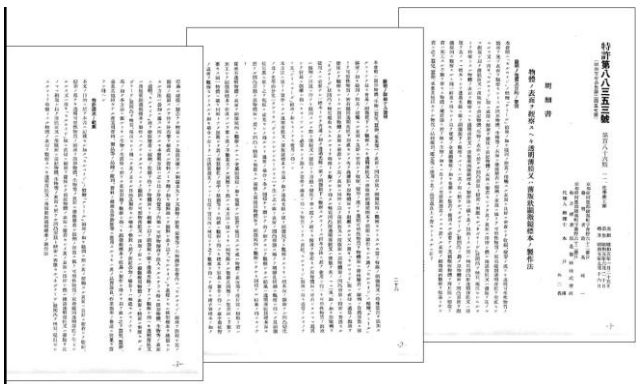
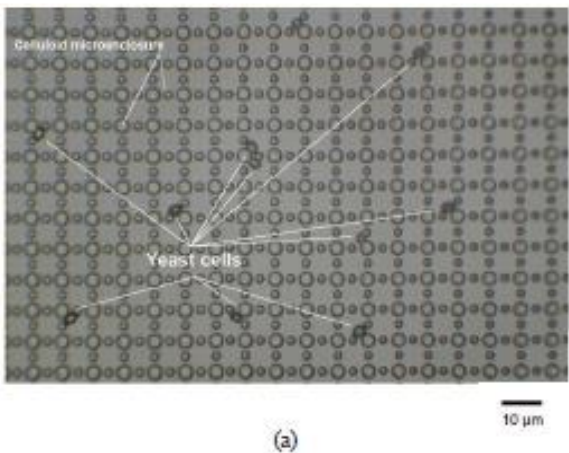


Fig. 2. (Color online) Process flow for the fabrication of microenclosure array by SUMP method.



マイクロレンズアレイとマイクロ凹面鏡アレイの製作

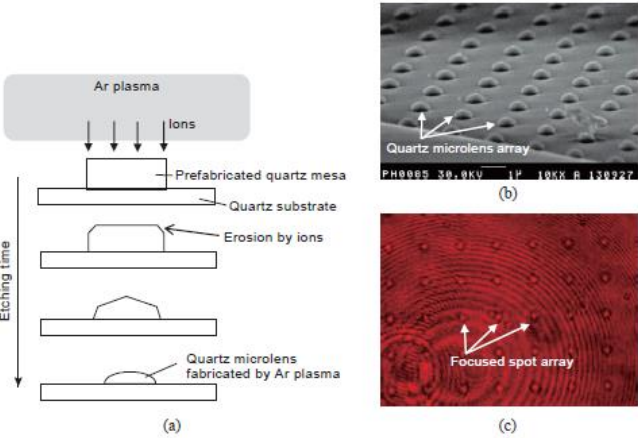


Fig. 7. (a) Process flow for fabrication of quartz microlens, (b) SEM image of quartz microlens array fabricated from a vertical mesa pattern structure, and (c) photograph of the spot pattern focused by the fabricated microlens.

Sensors and Materials, Vol. 27, No. 5 (2015) 383–390

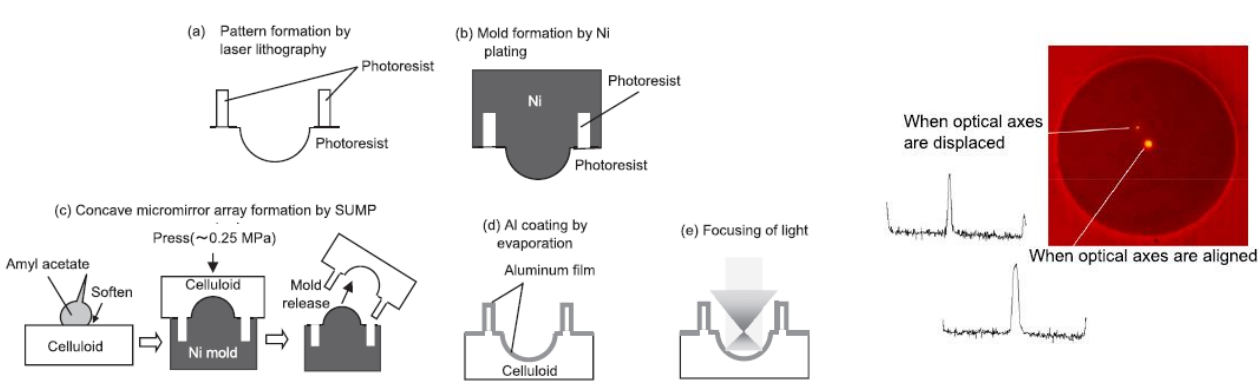
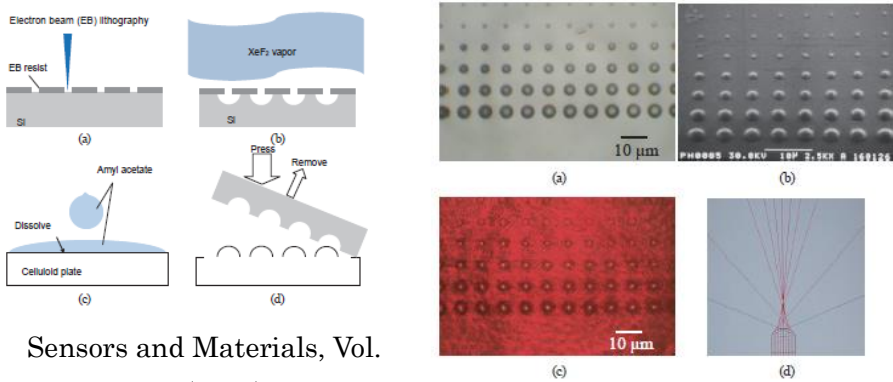


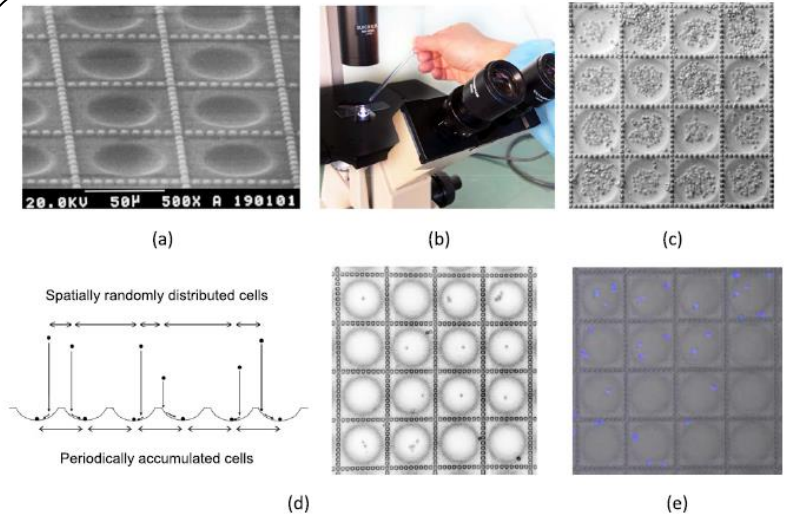
Figure 3. Process flow for fabrication of celluloid concave micromirror by laser lithography and SUMP method.

European Journal of Physics 41 (2020) 055303



Sensors and Materials, Vol. 30, No. 1 (2018) 149–155

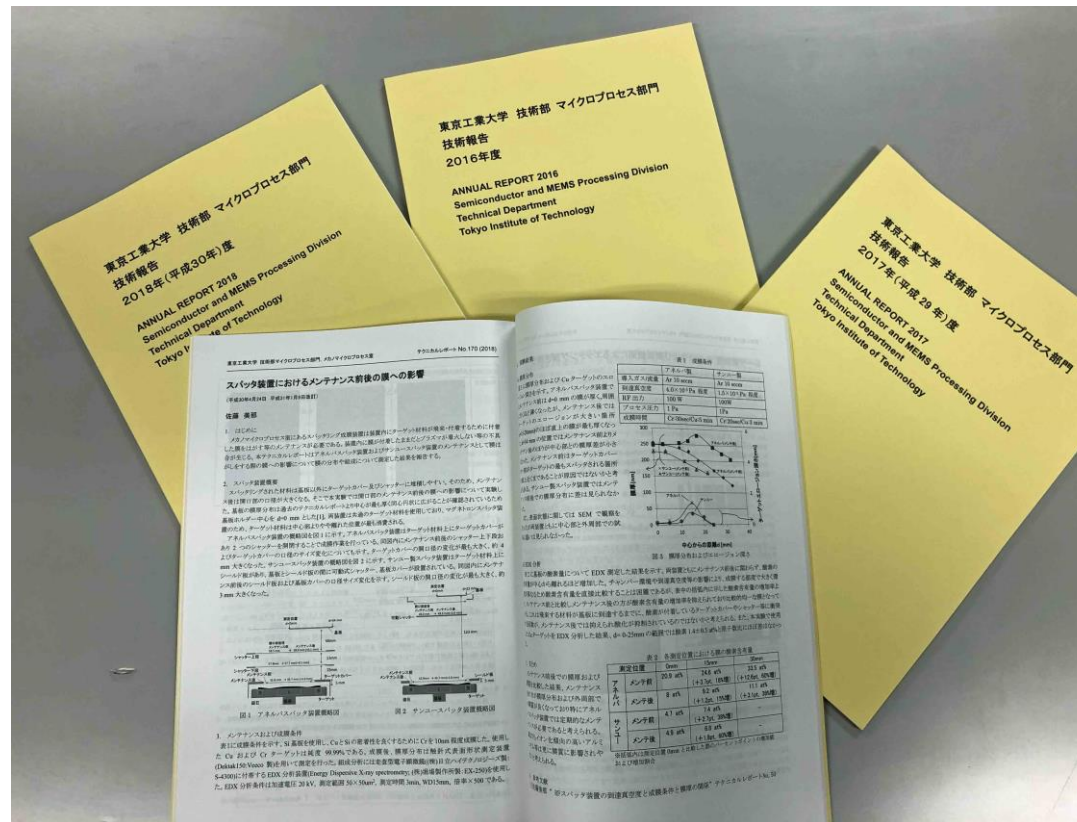
Sensors and Materials, Vol. 30, No. 1 (2018) 149–155



European Journal of Physics 41 (2020) 055303

技術報告(年報)発行による利用者への技術情報のフィードバック

利用者(年会費登録制)に開放しているので、利用者は基本的データを参考にして自分の実験の条件を考えることができます。



テクニカルレポートは、2008 年～2019 年で 200 報、論文発表 34 報、学会発表等約 230 件

ご清聴ありがとうございました。