

シリコン基板表面における生体分子の微細パターンニング

大阪大学¹、大阪電気通信大学²、科学技術振興事業団³

吉信達夫¹、西川明男^{2,3}、文元鐵^{1,3}、岩崎裕¹

はじめに

生体分子の機能を融合した電子デバイスの開発や、超高集積のDNAチップ・プロテインチップの開発には、固体表面に高い解像度で生体分子をパターンニングする技術が必要である[1]。

本研究では、原子間力顕微鏡（AFM）探針を用いた陽極酸化によってシリコン基板表面に酸化物のパターンを描画し、これをテンプレートとして、たんぱく質やDNAなどの生体分子の微細パターンを作製する技術を開発した。

AFM陽極酸化

装置の構成を図1に示す。導電性コーティングを施した探針と試料との間に直流電圧を加えることによって、探針直下の試料表面に微小な酸化物を形成することができる。

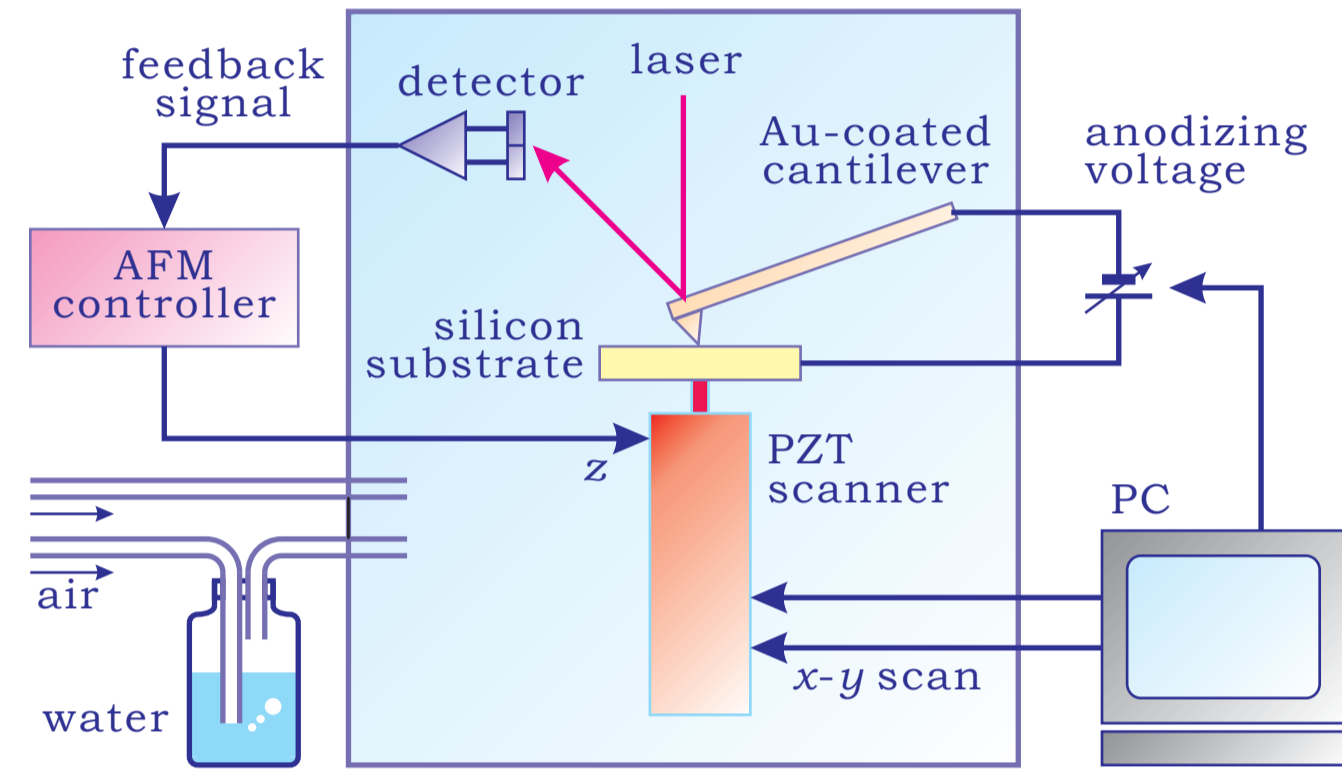


図1 AFM陽極酸化装置の構成

この方法では、10nm～数100nmの大きさの酸化物を作製することができ[2-4]、AFM測定と組み合わせることによって、正確な位置決めが可能である。

図2は、試料表面の親水性／疎水性が陽極酸化に与える影響を調べた結果である。基板は同じp型Si(111)であるが、左はSC1処理によって表面に薄い酸化膜を形成して得られた親水性表面、右はHF処理によってこの酸化膜を除去して得られた疎水性表面に対して、同じ条件で描画を行ったものである。

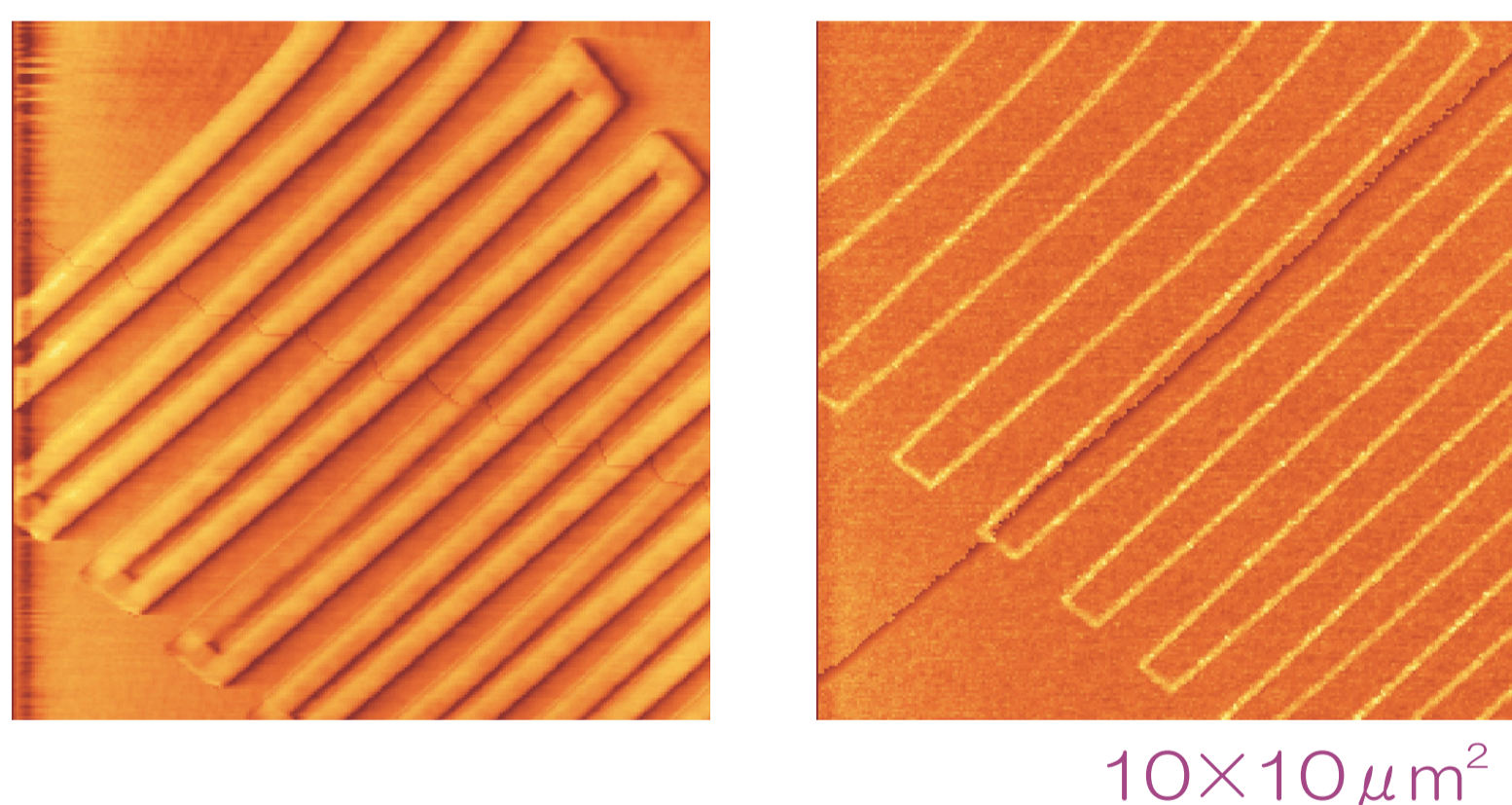


図2 親水性(左)・疎水性(右)表面における陽極酸化パターンの比較 (AFM像)。陽極酸化電圧は16V、探針の移動速度は2.3 μm/s。

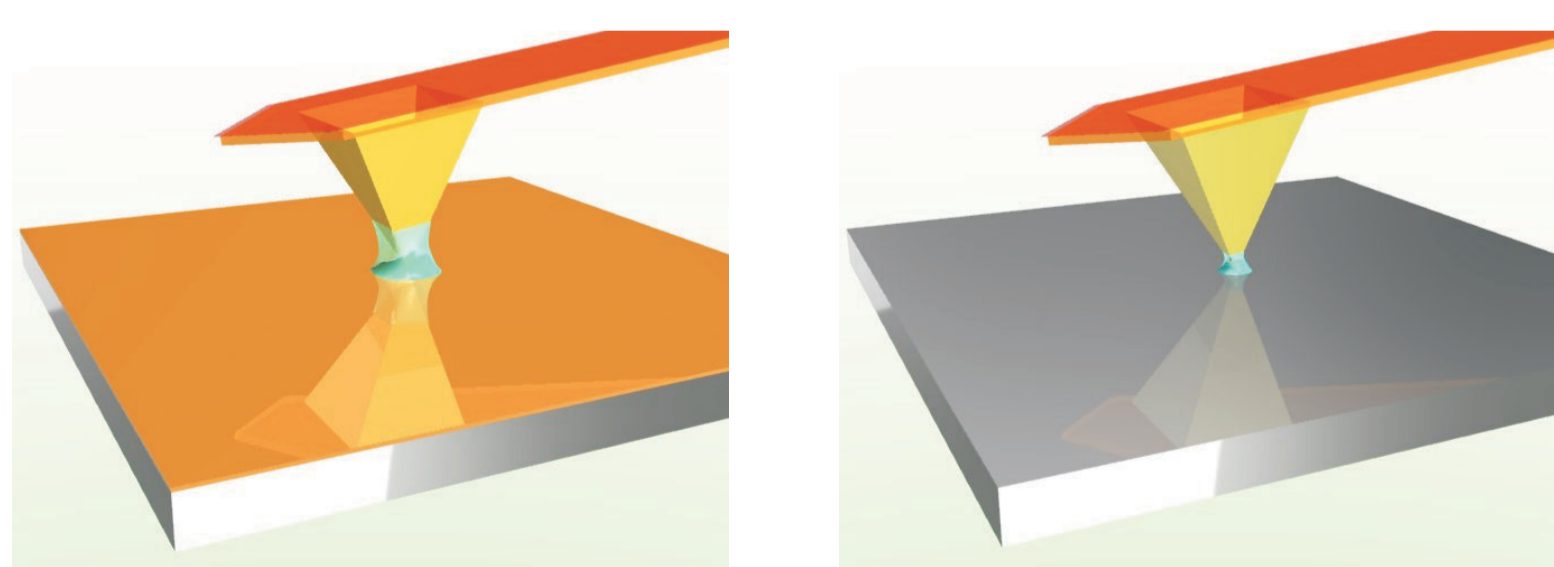


図3 親水性(左)・疎水性(右)表面における吸着水の模式図。

図3の模式図が示すとおり、表面の吸着水分量の違いがライン幅の違いに反映されるものと考えられる。

図4は親水性・疎水性表面における酸化物パターンの高さおよび幅の酸化電圧依存性を調べた結果である。

陽極酸化条件（電圧、探針移動速度）を選ぶことによって、100nm以下の構造も作製可能である。

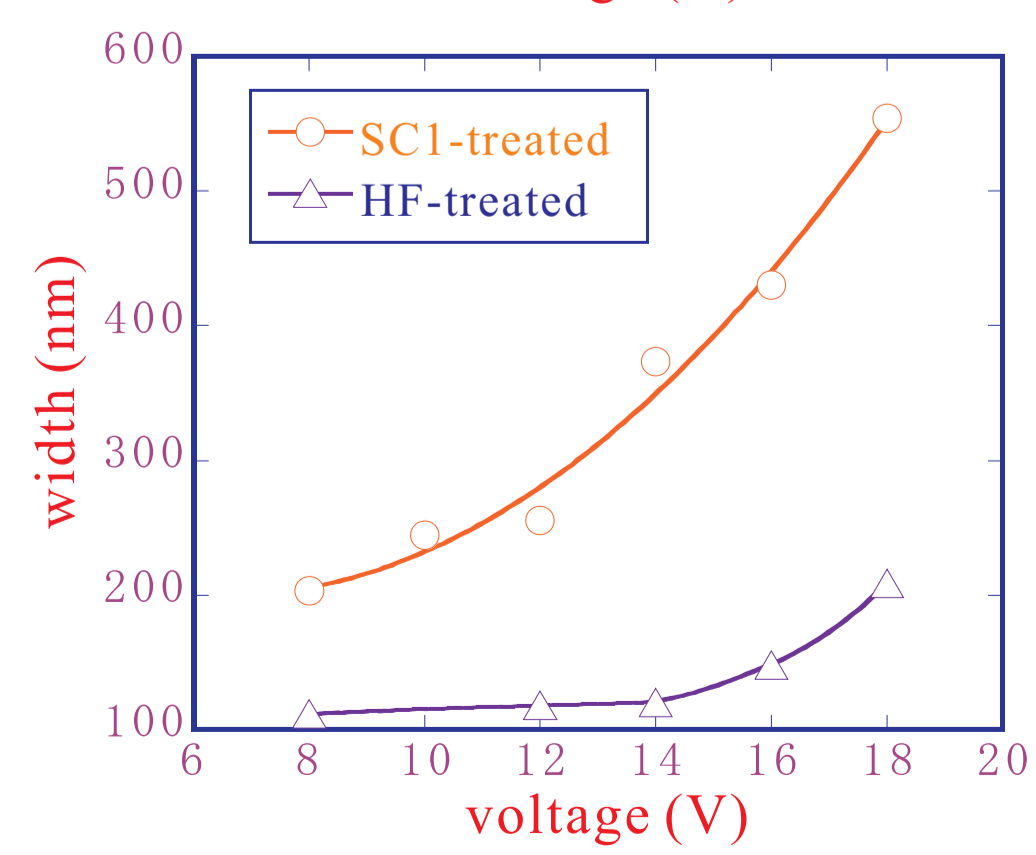
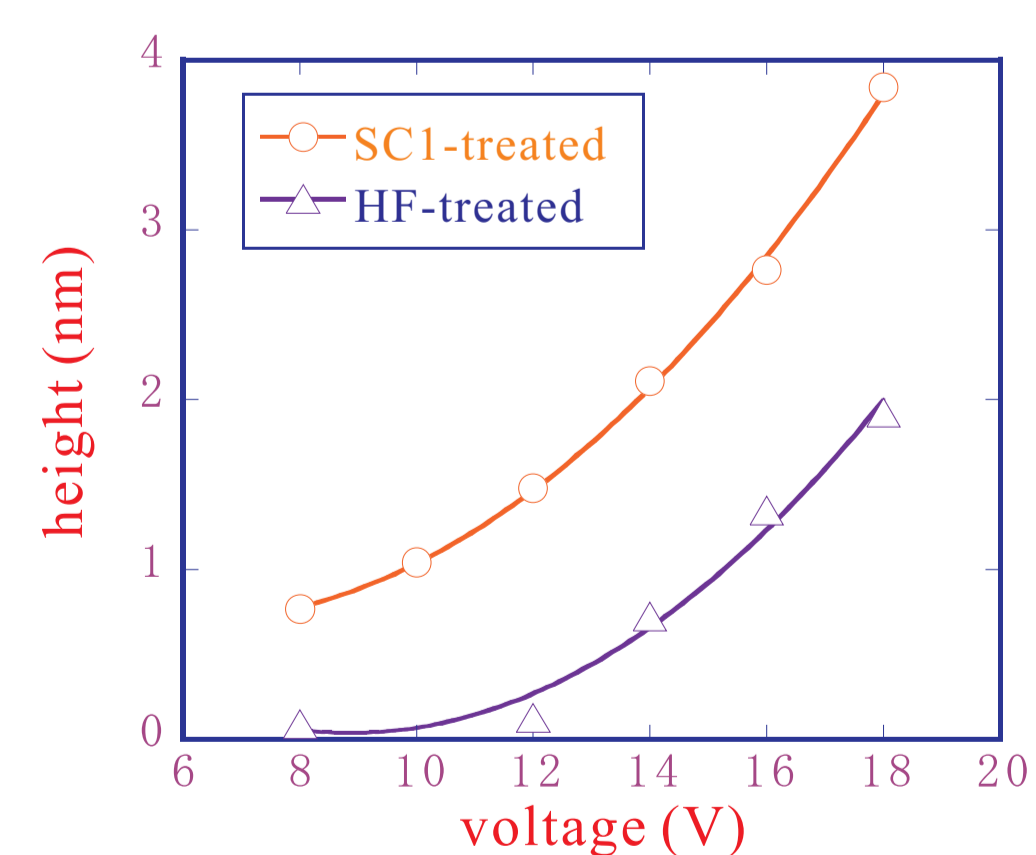


図4 酸化パターンの高さおよび幅の電圧依存性。探針の移動速度は2.3 μm/s。

生体分子の固定

AFM陽極酸化によって描画した酸化物パターンをテンプレートとして、生体分子の固定を行うことができる。

図5は、酸化物の無い領域に選択的に生体分子を固定する、ネガパターン作製プロトコルの一例である。

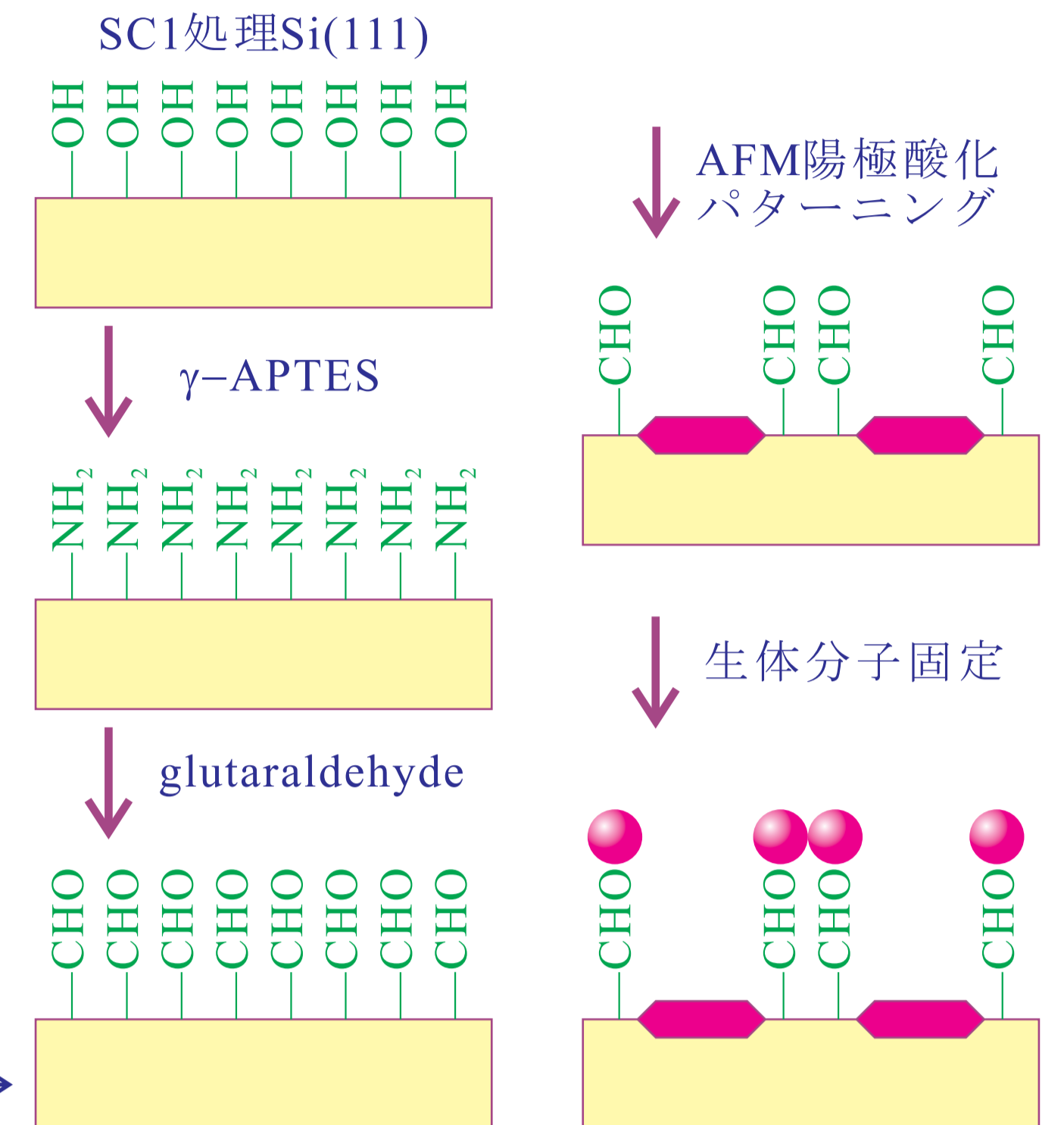
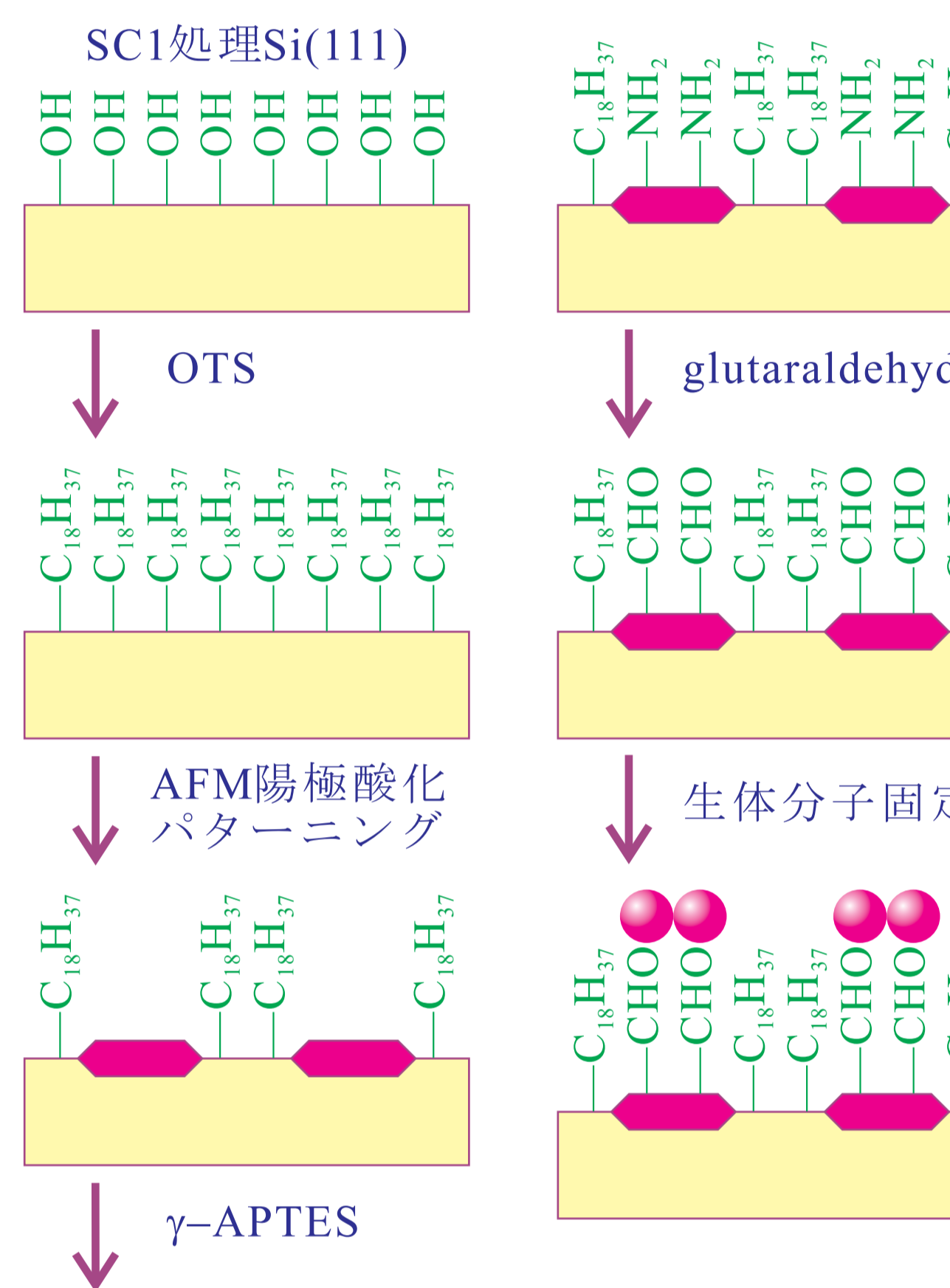


図5 ネガパターン作製プロトコル



一方、図6は酸化物上に選択的に生体分子を固定する、ポジパターン作製プロトコルの一例である。

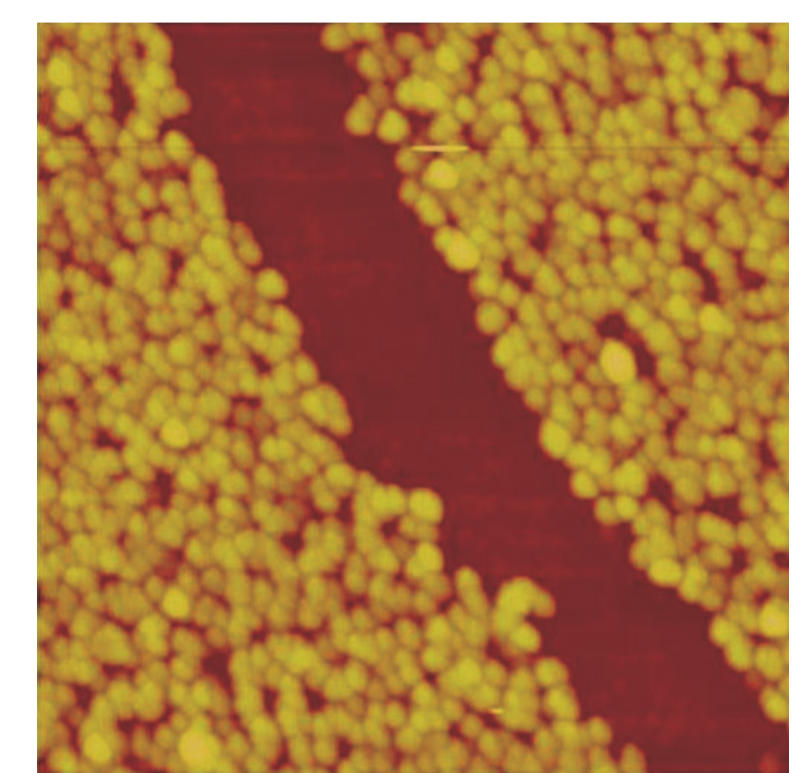
必要に応じてこれらのプロトコルを組み合わせることによって、さまざまなパターンの作製が可能となる。

← 図6 ポジパターン作製プロトコル

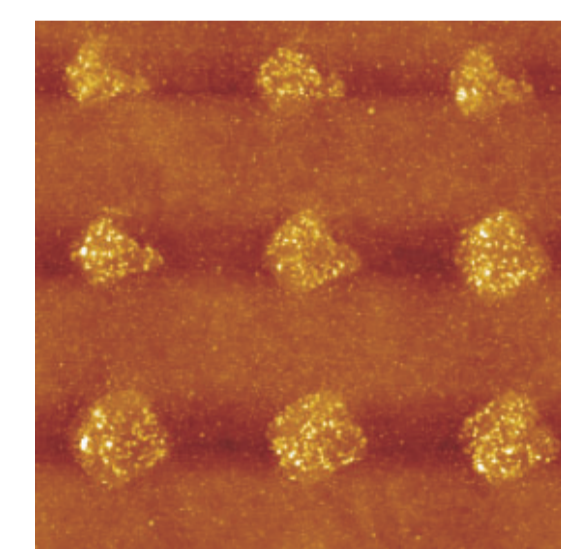
たんぱく質・DNA分子の微細パターン

本研究で開発した方法によってシリコン基板表面上に作製した、たんぱく質分子・DNA分子の各種微細パターンのAFM像を図7と図8に示す。

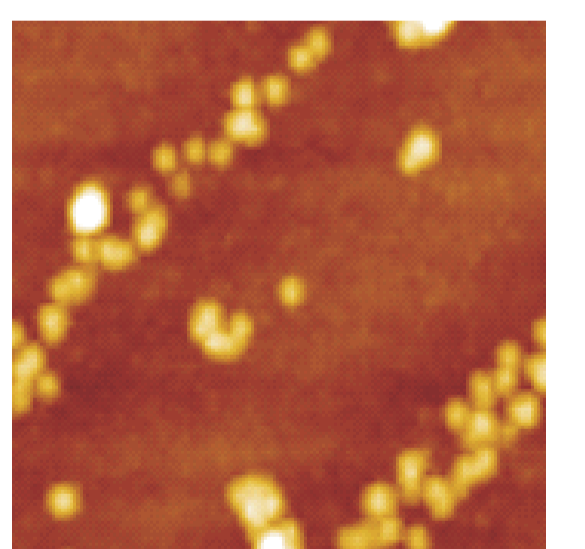
今後、作製条件の最適化によって、究極的には一分子レベルの位置決め・固定が可能になるものと期待される。



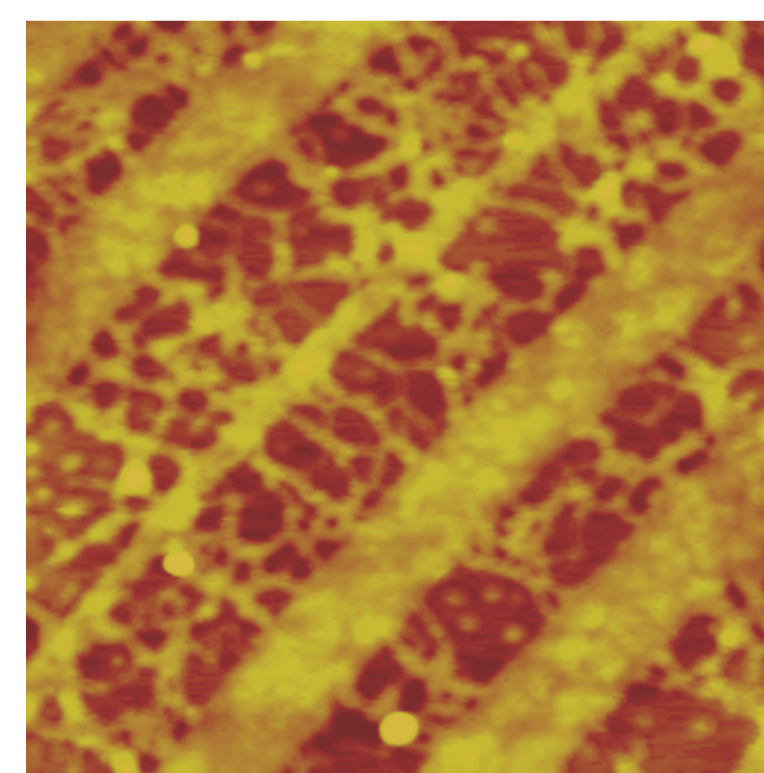
1×1 μm²



4.5×4.5 μm²



-30nm



1.5×1.5 μm²

図7 たんぱく質分子の微細パターン (上)ネガパターン (左下)ポジプロセスで作製したドット配列 (右下)これまで得られた最小線幅のたんぱく質分子列

← 図8 酸化物のラインパターンを橋渡しする形で固定されたDNA分子

参考文献

1. A. S. Blawas, W. M. Reichert, *Biomaterials* 19 (1998) 595.
2. E. S. Snow, P. M. Campbell, *Appl. Phys. Lett.* 64 (1994) 1932.
3. K. Matsumoto, S. Takahashi, M. Ishii, M. Hoshi, A. Kurokawa, S. Ichimura, A. Ando, *Jpn. J. Appl. Phys.* 34 (1995) 1387.
4. W. C. Moon, T. Yoshinobu, H. Iwasaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* 38 (1999) 483.