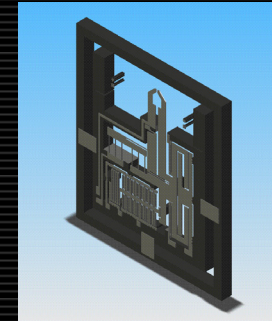


NanoTweezers 設計における MemsONE™活用事例

Junji.Sone (Tokyo Polytechnic University)
Hirofumi Miura (Tokyo Polytechnic University)
Dominique Collard (University of Tokyo)
Christophe Yamahata (University of Tokyo)
Hiroyuki Fujita (University of Tokyo)

現在の技術

- 現在
レーザー光・マグネティック
フィールドを用いたDNA繊維
のマニピュレーション
(AFMも用いられている)
- 本研究
トラッピングや機械的特性、
分子レベルの電気・機械的な
センシングが行える
NanoTweezersを開発



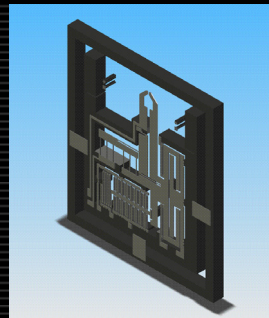
2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

2

NanoTweezers構造の最適化

- DNA分子を扱うナノピンセットをシリコンを用いたMEMS技術で開発
- シミュレーションで特性が予測できれば、設計の最適化が可能
- FEM解析を使用することでナノピンセットの変形や周波数特性を解析
- ナノピンセットの適切な作動領域を調査



2008/2/12

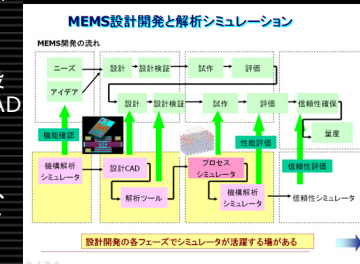
NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

3

MemsONE™

(現在: MemsONE™のBetaバージョン)

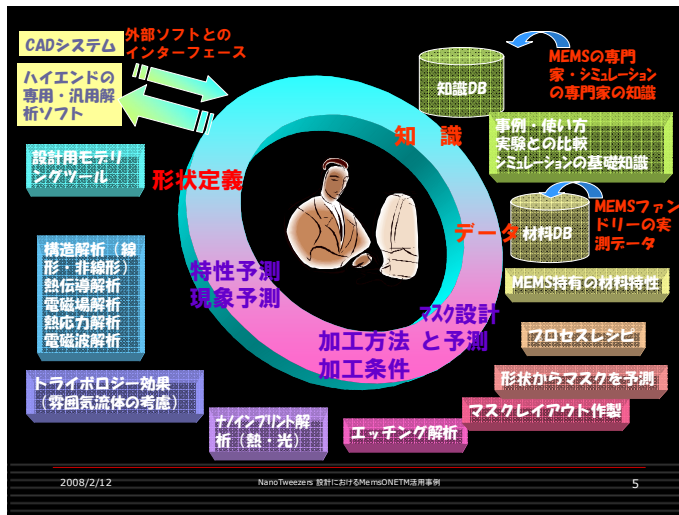
- 日本初のMEMSCADシステム
- MEMS構造の立体的な設計のために開発されたCADシステム
- 機械・電気・電熱の特性の解析、製造プロセスのシミュレーション



2008/2/12

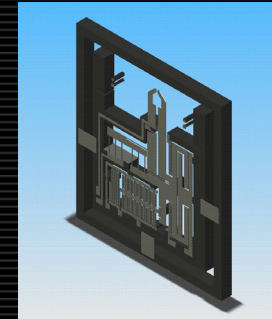
NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

4



研究内容(1)

- ハンドの先端はアクチュエータ部の圧力調整で動かす、DNA分子を捕らえることができる
- アクチュエータの変位とセンサの測定値はハンドリングサンプルの剛性に影響される



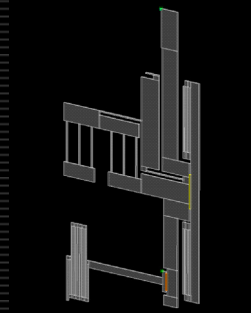
2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsOne™活用事例

6

研究内容(2)

- 変位解析、周波数解析でモデルのシミュレーションを行う
- DNA分子の操作を行うシリコン製NanoTweezersの構造の最適化



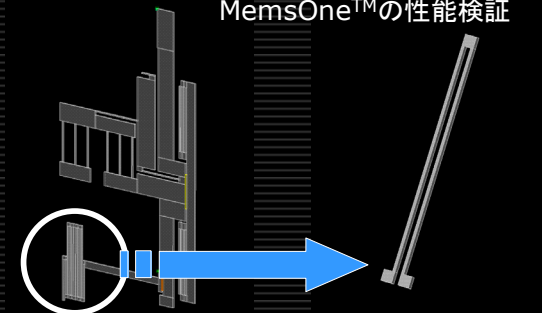
2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsOne™活用事例

7

バネの解析(1)

MemsOne™の性能検証



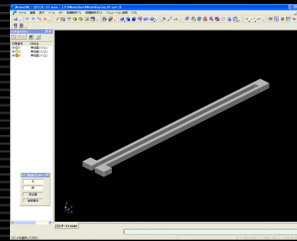
2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsOne™活用事例

8

バネの解析(2)

- メッシュサイズとバネ幅のエッチングによる減少効果を調査する
- FEM分析に簡単なバネのモデルを作成
- 結果を理論解析と比較



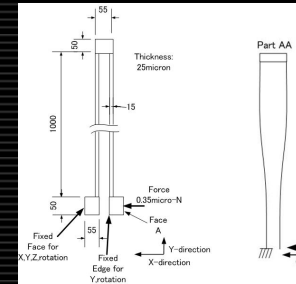
2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

9

バネの解析(3)

- メッシュサイズ
20, 15, 10, 5 μm
- バネ幅
12.0, 13.0, 14.0, 15.0 μm
- 理論値(dx)
剛性: $E = 1.65E05 \text{ MPa}$
圧力: $P = 0.000278 \text{ MPa (20V)}$
断面二次モーメント:
 $I_z = h b^3 / 12$



$$dx = \frac{2}{EI} \left(\frac{M_x L^2}{2} - \frac{PL^2}{6} \right) + 2L \sin(\theta_x)$$

$$= 0.058 \mu\text{m}$$

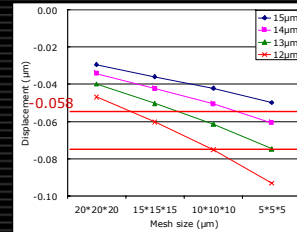
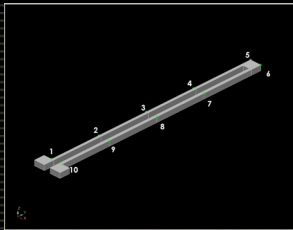
(a) Simple analysis model. (b) Deformation scheme.

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

10

バネの変位解析



ヤング率: $2.33E-15$ 密度: $2.331E-15$

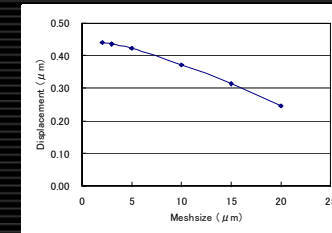
2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

11

Meshと変位量の関係

- FEMの要素: 線形要素のため、メッシュを細かくする必要あり。3-2ミクロンで収束傾向

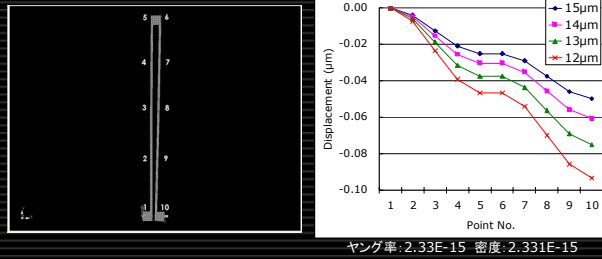


2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

12

バネの形状変化



2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemSONETM活用事例

13

バネの周波数解析

□ 理論値の計算

$$k = \frac{12EI_z}{L^3 \left(1 + \frac{3}{6\alpha + 1}\right)}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 15100\text{Hz}$$

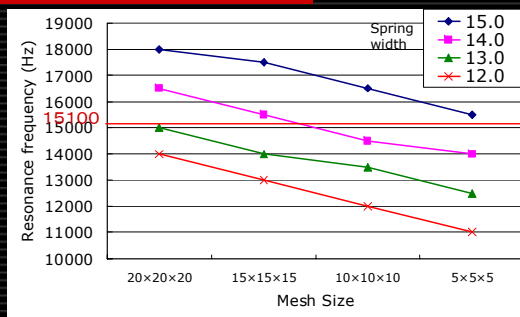
$$\alpha = \frac{LI_{z2}}{2NI_z} = 1035.2$$

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemSONETM活用事例

14

バネの周波数解析

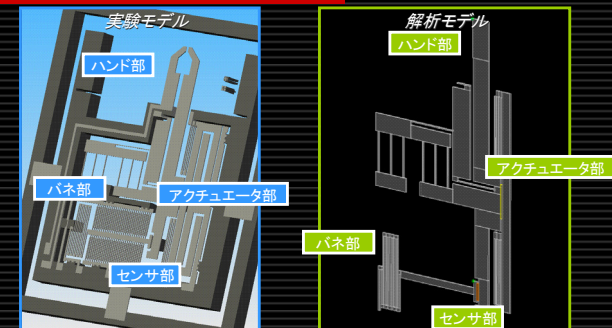


2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemSONETM活用事例

15

NanoTweezersの図(1)

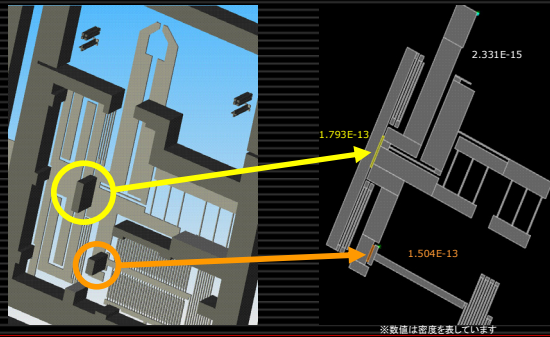


2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemSONETM活用事例

16

NanoTweezersの図(2)

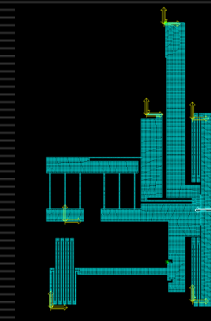


2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

17

解析準備



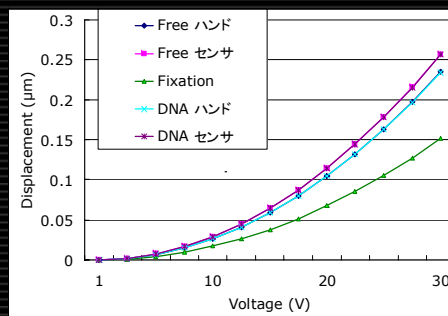
- FEM解析の為に簡略化
- メッシュ分割サイズ
20 × 20 × 20 (μm)
- 簡易解析結果から変形は実際は変形の約半分になると予測

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

18

駆動電圧と変位の関係



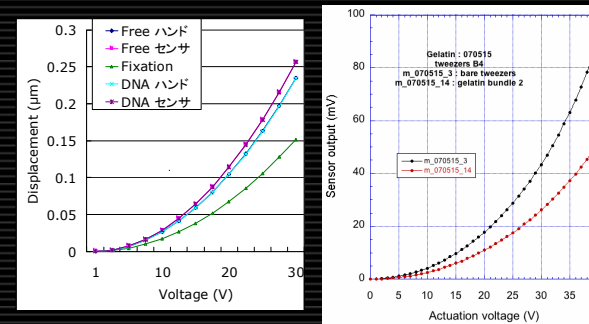
ヤング率: 2.33E-15 圧力荷重: 5.0V 密度: 2.331E-15 減衰値: 1.55E-08

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

19

実験との比較



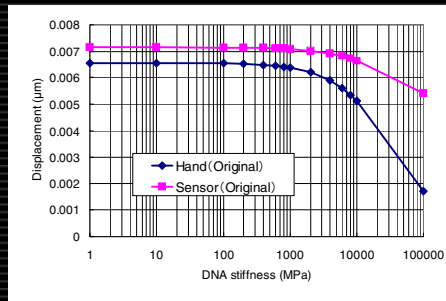
ヤング率: 2.33E-15 圧力荷重: 5.0V 密度: 2.331E-15 減衰値: 1.55E-08

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMEMS/NETM活用事例

20

ハンドリングするDNAの剛性を変えた場合



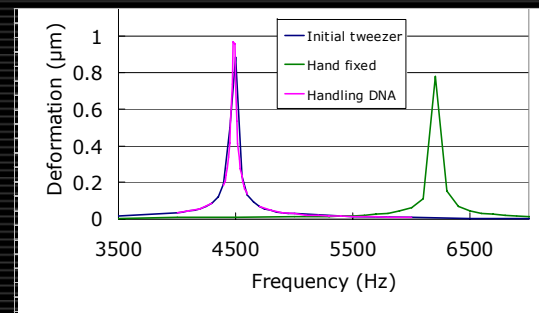
ヤング率: 2.33E-15 圧力荷重: 5.0V 密度: 2.331E-15 減衰値: 1.55E-08

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

21

周波数応答解析



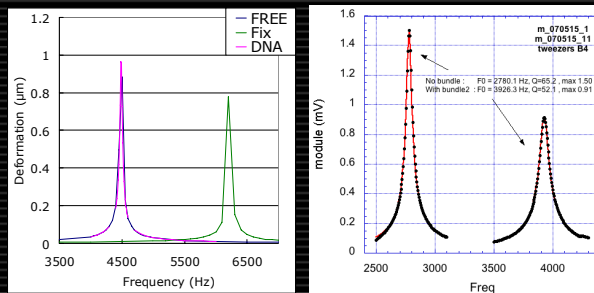
ヤング率: 2.33E-15 圧力荷重: 5.0V 密度: 2.331E-15 減衰値: 1.55E-08

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

22

実験との比較



ヤング率: 2.33E-15 圧力荷重: 5.0V 密度: 2.331E-15 減衰値: 1.55E-08

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

23

まとめ

- MemsONE™を使ってデバイスを解析する妥当性がわかった。
- 変位解析及び周波数解析がNanoTweezersの特性を予測することが出来る。
- NanoTweezersの使用範囲が予測できた。
- モデルの最適化を進めていく。

2008/2/12

NanoTweezers 設計におけるMemsONE™活用事例

24