

新任教員紹介

精密工学科・講師 植谷和義

略歴

- 1970.9 岐阜県大垣市 生まれ
- 1989.3 岐阜県立大垣北高等学校卒業、1993.3 東海大学工学部精密機械工学科卒業
- 1995.3 東海大学大学院工学研究科機械工学専攻 修士課程修了
- 1999.4 英国国立ウォーリック大学大学院工学研究科 博士課程修了
- 1999.5 茨城大学 大学院理工学研究科 講師 (SVBL 研究員)
- 2001.4 大阪工業大学 バイオベンチャーセンター 研究支援スタッフ
- 2005.4 現職



担当科目

先端機能材料、マイクロマシン工学、先端構造材料 (共担)、塑性加工学特論、精密要素デザイン (共担)

研究活動内容

Bio-MEMS 用自動血液採取システムの開発

高齢化社会に適した医療関連技術ニーズに着目して、糖尿病患者を対象とした血糖値計測用の新規 HMS(ヘルスマonitoring システム)の開発を目的とする。特に本研究は、外径 200 μm 、内径 100 μm 以下の超極細針の穿刺により皮下組織の破壊を最小限に抑え人体への影響を軽減し、極少量の血液採取法"蚊の吸血機構"を模倣した約 1 μl 程度の自動採血・センシング可能な予防医療に利用できる医用電子機器の開発を目指す。

上記の極微量血液採取・センシングを有するデバイス駆動部には、下記の 2 種類の駆動機構を採用した。(1) 血液採取用マイクロポンプの駆動部にパイモルフ型 PZT 圧電膜体を採用し、生成された負圧力(10kPa)により、内径 100 μm 、長さ 3.8mm の採血針を用いた場合、血球を含む全血の吸引速度は 2 $\mu\text{l}/\text{min}$ を示し、市販の自己血糖管理用の使い捨て型センサに必要な血液量が採取可能であった。(2) 低侵襲マイクロ針の手指への穿刺後、1 μl 以下の微量採血を真空吸引機構により採血を行う。さらにグルコースセンサによる血糖値計測を自動で行う。設計・製作した装置の穿刺採血機構の検証を行い、試作した真空吸引型採血ユニットより、真空管内圧力 0.1kPa で、3 μl の血液を 0.3 秒程度で吸引することに成功した。しかしながら、圧電駆動マイクロポンプは吸引速度が遅く、また真空駆動マイクロポンプでは薬剤投与が困難であるため、吸引時間の短縮、および薬剤投与マイクロポンプの開発が今後の課題である。また、マイクロ針、マイクロポンプ用機能材料、バイオセンサ、生体適合圧電材料の創製技術の開発も研究対象である。

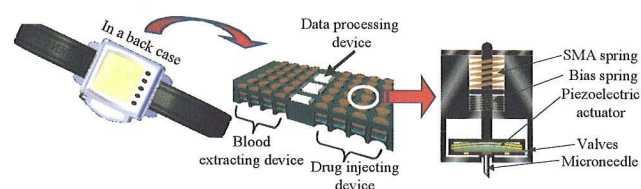


Fig. 1: Concept of wristwatch type SMBG system.

[参考論文]

TSUCHIYA Kazuyoshi *et al*: Development of Blood Extraction System for Health Monitoring System, Biomed. Microdevices Vol.7, No.4, P.347-353, 2005 年 12 月 など

Bio-MEMS 用チタン合金マイクロ針のスパッタ創製と評価

本研究の目的は、開発中の血糖値計測 HMS 用 Bio-MEMS に実装するためのマイクロ針の創製である。特に、低侵襲採血針の生体模倣設計として雌蚊の無痛採血機構に基づき薄膜創製手法であるスパッタリング法を用いてマイクロ針を創製する。マイクロ針のサイズは、雌蚊の内唇(外径 60 μm および内径 25 μm)と同等のサイズを有し、また、末梢血管穿刺深さを考慮して長さを 2mm とした。また生体内での長期使用をも予測して細胞毒性実験による生体適合性評価を行い、チタン合金を針材料に選択した。基材には極細針の内径となる極細銅線(外径 25 μm)を用い、その銅線を真空チャンバ中に固定したモータで 3~5rpm の速度で回転させ、銅線の上にチタンまたはチタン合金を成膜し、ウェットエッチングによって基材を溶解することで、中空のチタン極細管を創製する。そこで上記手法を用いて、チタン合金マイクロ針の試作を行い、曲げ試験により剛性および強度の計測を行った。計測結果は、チタン合金マイクロ針の実用的な剛性および強度を示したことから、新規マイクロ針創製法の有効性を確認した。

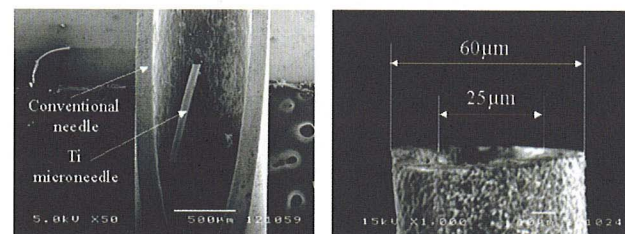


Fig. 2: SEM image of a Ti microneedle compared with a conventional needle (outer diameter 900 μm).

[参考論文]

榎谷和義ら：Bio-MEM用自動血液採取システムの開発，日本機械学会論文集(C編)71巻，702号，p.603-609，2005年2月 など

第一原理計算による生体適合圧電材料の探究

医療機器用アクチュエータに適用可能な高性能圧電材料の新規創製を目的として，第一原理計算に基づいた生体適合ペロブスカイト型圧電材料の結晶構造設計手法を提案した．HSAB則により生体構成分子との相互作用性を評価することにより構成元素に対する生体適合性の基準を明らかにした上で，幾何学的な構造安定性評価により生体適合元素の組合せを示した．その有力候補として，シリコン酸マグネシウム(MgSiO₃)を選択し，第一原理ポテンシャルエネルギー評価により立方晶および正方晶安定構造を探索し，自発的な構造相転移により圧電性を発現することを確認した．

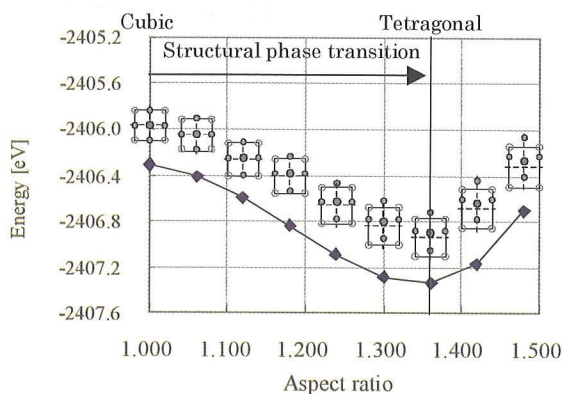


Fig.3: Potential energy of MgSiO₃ in Structural phase transition.

[参考論文]

榎谷和義ら：第一原理計算による生体適合圧電材料の探究，日本機械学会論文集(A編)71巻，706号，p.944-951，2005年6月 など

マイクロアクチュエータ用 PZT 薄膜創製技術の開発

PZT は圧電定数の高さから MEMS の分野でマイクロセンサ，マイクロアクチュエータの材料候補として半導体技術を用いて活発に研究開発が行われている．本研究では，真空下で PZT が作製可能で，ターゲットの組成を制御することで容易に PZT の組成を制御できるスパッタリング法と市販のセラミックターゲットを用いて作製した．圧電特性を左右する圧電定数は，結晶粒径，結晶方位，結晶構造に依存するが，セラミックターゲットから発生する酸素高速中性粒子が基板上的成長 PZT 薄膜を再スパッタし，組成のずれや結晶構造を壊すため，最も圧電定数が高くなる Zr/Ti=52/48 組成に制御することが困難である．高速中性粒子の影響が少ないターゲットと基板設定位置(ターゲットの中心から 60-70%領域)を見出し，その領域内で酸素高速中性粒子による損傷を回避し，結晶構造の良い PZT 薄膜を得た．また，経験に基づく発見的手法および実験計画法を用い，基板加熱温度が最優先因子であることを見出した．実験計画法により得られた優先因子である基板加熱温度の詳細な探索から，ペロブスカイト型結晶構造(111)面が安定して得られる基板温度領域 530℃から 630℃を見出した．PZT の結晶化に伴う電気お

よび機械特性から，基板温度 630℃で薄膜 PZT の最大圧電定数 $d_{31}=-28\text{pm/v}$ を示した．また創製したモノモルフ型マイクロアクチュエータに 0.8V の交流電圧を印加し，数十ナノメートルのたわみを得た．

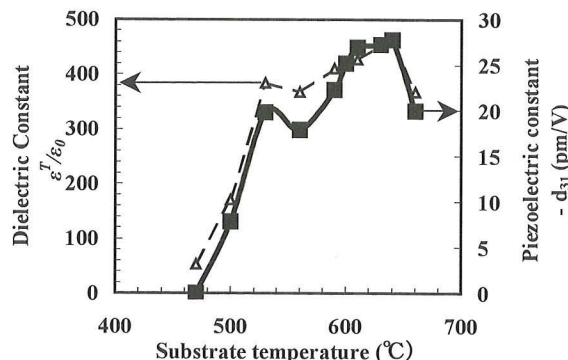


Fig.3: Dielectric constant ϵ^T/ϵ_0 and piezoelectric constant d_{31} of PZT as a function of substrate temperature($\epsilon_0=8.854 \times 10^{-12}$ F/m).

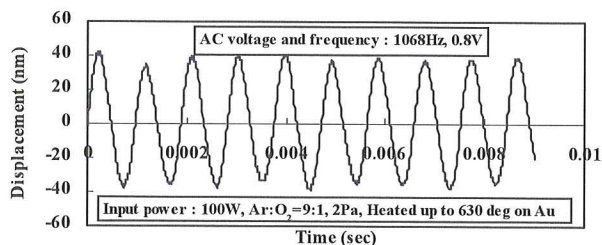


Fig. 4: Deflection of deposited PZT actuator (2 μm thickness) as a function of time (substrate temperature 630 degree C).

[参考論文]

Kazuyoshi Tsuchiya *et al.*: Fabrication of smart material PZT thin films by RF magnetron sputtering method in Micro actuators, Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. Series A, Vol/49, No.2, p.201-208 , 2006年4月 など

スパッタリング法による生体適合圧電材料 MgSiO₃ 創製技術の開発

本研究の主要課題は，第一原理計算より導いた MgSiO₃ 正方晶ペロブスカイト構造を持つ薄膜のスパッタリング創製技術の開発である．新規生体適合圧電薄膜の創製条件の決定には，実験計画法を採用し，効率的な最適条件探索を行った．これにより，ターゲット組成および基板表面温度の2因子が有意性を示すことがわかり，さらに分散分析より得た最適条件を用いることで，MgSiO₃ 正方晶ペロブスカイト構造の創製に成功した．エピタキシャル成長を確実なものとするために Ir/Ti/Si 基板を採用した．共振反共振法により圧電定数を計測し，MgSiO₃ 薄膜が圧電性を示し，本手法が新規生体適合圧電材料 MgSiO₃ の創製に有効であることを確認した．

[参考論文]

榎谷和義ら：ヘリコン波プラズマスパッタによる生体適合圧電材料 MgSiO₃ 創製技術の開発，日本機械学会論文集(C編)72巻，715号，p.353-358，2006年3月 など