

平成26年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

所属・学年	東北大学工学研究科 博士課程後期1年
研修テーマ	Fabrication of Low-density Vertically Aligned Carbon Nanotube Forests
研修先	Georgia Institute of Technology
受入担当者	Prof. Baratunde Cola
研修期間	平成26年6月1日～平成26年8月14日（75日間）
研修内容	Georgia Institute of Technology(以後GATech)における共用クリーンルーム施設を利用し、低密度なカーボンナノチューブ(CNT)構造を創製した。 優れた特性を有するCNTの応用先としてダイオードアレイの開発を将来的目標とし、機械的高強度なCNT含有ポリマー基板の作製および性能向上のために必要な「低密度CNT構造」の創製を目的とした。種々の実験条件を用いて創製実験を行い、結果として低密度CNT構造を創製するために必要な実験条件を見出し、低密度CNT構造の創製に成功した。
研修の成果等	CNTの形態は、成長させる表面の状態や用いる触媒の種類および粒子径、また特定のガスによるプラズマの有無などの実験条件によって過敏に影響される。将来的に、ポリマーとの組み合わせにより作製が期待されるダイオードアレイの開発には、作製上の都合から低密度なCNT構造が必要とされており、所望の構造体を創製するための実験条件の探索および調査が必要であった。 本研究では、数多くの実験条件の中から影響の大きいものであると予測される「触媒元素」「触媒の膜厚」「プラズマの有無」という3つの実験条件に焦点を当てて創製実験を行った。化学気相蒸着法であるCVD法によりCNTを成長させ、実験条件をそれぞれ変化させた時に得られる創製条件に関する知見をまとめ、結果として低密度CNT構造を創製するための指針を得た。 具体的には、本研究では触媒元素としてNiおよびFeを用い、3, 5, 7 nmを触媒の膜厚として設定した。またプラズマの有無による影響を調査するため、Low-pressure CVD (LPCVD)をプラズマが無い状態、Plasma-enhanced CVD (PECVD)をプラズマ有りの状態として2つの異なるプラズマ条件のもとでCNT創製を行った。 触媒元素の違いはCNTの密度に大きく影響を及ぼし、低密度なCNT構造を創製するにはNiが適していることがわかった。また、膜厚を厚くすることで、CNTの密度は低下する傾向が見られCNT密度の膜厚依存性が確認できたが、7 nmではCNTが成長しないという結果を得た。これは触媒の膜厚が増加すると、それまで粒子状であった触媒同士が結合し、島状な膜構造から薄膜構造へ変化することで、CNT成長に適した触媒粒子が消滅したことが原因であると考えられる。プラズマの有無では、プラズマがないLPCVDを用いた方が低密度なCNTが成長には適しており、プラズマを用いたPECVDではCNTがうまく成長できなかった。

	た．本研究では，プラズマを用いたことで，CNTの成長前に触媒粒子がプラズマによりエッチングされたことが主な原因と考えられる． 以上から，本研究では 5 nm の Ni を用いた LPCVD による CNT 成長が最も低密度な CNT 構造作製に適しているという知見を得た．
--	--

平成26年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

所属・学年	神戸大学 修士二回
研修テーマ	A tri-axial angular accelerometer for vestibular prostheses
研修先	Georgia Institute of Technology
受入担当者	Prof. Pamela T'Bhatti and Prof. Farrokh Ayazi
研修期間	平成26年6月1日～平成26年8月14日（75日間）
研修内容	前庭人口補綴デバイス（人口前庭器）に向けた低消費電力角加速度センサの提案。 有限要素モデルを用いた解析による、アプリケーション要求仕様を満たす角加速度センサの設計提案。
研修の成果等	人口前庭器とは、前庭機能障害を持つ患者の内、前庭リハビリテーションによる対症療法の効果を享受することが出来ない患者に対する唯一の有効な治療法として注目を集めている人口補綴デバイスである。人口前庭器は加速度と角加速度を検出し、前庭神経へと伝達するデバイスであるが、現在角加速度を検出する為に用いられているジャイロセンサの消費電力が問題視されている。そこで本研修では、ジャイロセンサに対し低消費電力での各加速度検出が可能である、人口前庭器での使用を前庭とした各加速度計を、有限要素解析による解析結果を元に提案した。センサ素子の検出原理は静電容量型を採用しており、 Silicon-on-Insulator 基板(SOI)を用いた作製を前提とする構造を有する。我々は、3軸に対する角加速度を検出する為に二種類のデバイス構造を提案し、それぞれアプリケーション要求仕様を満たすよう設計値を最適化した。提案したデバイス構造の略図を Fig.1 として添付する。Z 軸周りの角加速度を検出する際には、 SOI 基板のデバイス層を用いた面内方向のギャップにより構成されるキャパシタ構造を用いており、X・Y 軸周りの角加速度を検出する際には、デバイス層と基板層との間の中間酸化膜層を除去することにより生じる垂直方向のギャップにより構成されるキャパシタ構造を用いている。基板層を下部電極として用いることで、これらのデバイスは一枚のフォトマスクを用いた簡易なプロセスにより作製することが可能である。

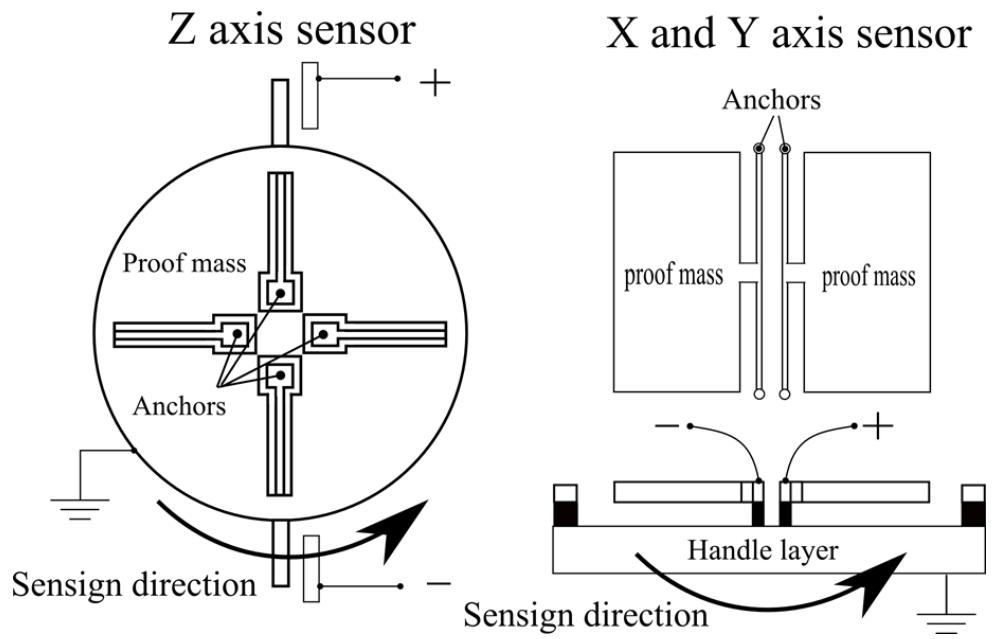


Fig.1 Schematic diagrams of Z axis sensor and X, Y axis sensor

平成26年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

所属・学年	千歳科学技術大学 修士1年
研修テーマ	Mechanical Properties of Hierarchical Nanoporous Metals
研修先	Georgia Institute of Technology
受入担当者	Prof. Antonia Antoniou
研修期間	平成26年6月1日～平成26年8月14日（76日間）
研修内容	本研修において我々は材料という分野を基板にユニークな表面物性で尚且つ表面破壊の少ないナノスケール多孔質金属材料と曲げたり延ばしたりと柔軟で扱いやすいゴム状高分子の複合材料の作製を目的として実験を行った。
研修の成果等	高分子はポリジメチルシロキサン（PDMS）、金属は金を使用した所PDMSの表面にプラズマを一定時間照射することで表面の物性が変化し容易に金薄膜を接着することが出来た。従って金とPDMSの複合サンプルが得られたと言える。 結果として複合材料は容易に作製できた。また、表面物性の測定として接触角の測定を行ったところ金表面と金属多孔質用面では接触角に変化が見られた。これは表面の構造によって接触角に違いが出ることがわかった。一方で PDMS 表面と金属多孔質用面にそれぞれ30分間プラズマ照射を行うと疎水性、親水性の反転が見られた。従って表面の濡れ性は化学変化に寄って変換でき、金属多孔質表面は様々な表面修飾に応用できるのではないかと考えられる。

平成26年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

所属・学年	香川大学大学院工学研究科 修士1年
研修テーマ	Integration of Highly Porous Membranes with Microfluidic Body-on-a-Chip Devices
研修先	Cornell University
受入担当者	Prof. Michael L. Shuler, Dr. Mandy B. Esch
研修期間	平成26年 6月14日～平成26年 8月14日（62日間）
研修内容	臓器をチップ上に再現し、薬剤開発等に役立てることを目的とした”Body-on-a-Chip”と呼ばれる研究分野の一環として、腸や肺に見られる”Barrier tissue”を模したメンブレンを微細加工により再現する。また、メンブレンと組み合わせることで、腸内環境を再現するデバイスを作製する。その後、細胞を用いた実験を行い、有用性を検証する。
研修の成果等	SU-8を用いフレームパターンを持つメンブレンを作製した。従来研究にて、”Barrier tissue”再現のためのメンブレンは作製されていたが、開口率と強度不足が問題とされていた。今回作製したメンブレンは、外周にフレームを持つことから、従来のものと比べ高い強度を有し、また、ピンセットにてメンブレンへの負荷なく把持することができるなど、取り扱いも容易となった。開口率については従来のものと同等であった。 腸内血流等の流量を生成し腸内環境を再現するための、マイクロ流路デバイスを設計及び作製し、上記メンブレンと組み合わせて、細胞実験を行った。実験には、ヒト結腸癌由来のCaco-2細胞を使用した。取得した結果から、作製したメンブレンが”Barrier tissue”の代用として機能する可能性があることを示せた。 現在、作製したデバイスについての特許をCornell大学側で申請中である。今後は、本研修で携わらせていただいた研究内容について、香川大学とCornell大学とで共同研究を開始する予定である。

平成 26 年度米国 NNIN 施設利用研修プログラム参加報告書

所属・学年	九州大学 修士 2 年
プロジェクト	Selective Etching of Triblock Terpolymers forming Gyroid Structures
研修先	Material Science and Engineering, Cornell University
ホスト	Wiesner group
研修期間	平成 26 年 6 月 18 日～8 月 11 日 (52 日間)
研修内容	トリブロックターポリマーを利用し、自己組織化によりマイクロ相分離構造の一つである三次元共連続構造の Gyroid を作製し構造を評価した。その際ホモポリマーを添加することで、溶媒エッチングによりホモポリマーを除去し Gyroid 構造を反映したポアの形成を試みた。マイクロトームで切片を切り出し、透過型電子顕微鏡 (TEM) で構造の評価、および走査型電子顕微鏡 (SEM) でポア形成の評価を中心に研修を行った。
研修の成果等	トリブロックターポリマーとその一つの構成成分と混和するホモポリマーを混合し、Gyroid 構造の形成を試みた。ホモポリマーの添加により、溶媒エッチングの達成および相図上での体積分率の調整が可能になる。ホモポリマーとのブレンドにより Gyroid 構造を形成すると思われる体積分率のサンプルを複数作製し、マイクロトームで切断後 TEM 測定を行った。その結果、Gyroid もしくは Cylinder 構造とみられるサンプルが作製できたことがわかった。小角 X 線散乱測定を行ったが、強度が弱く同定は困難であった。しかしどちらの構造でもポアの形成が可能であることから、ホモポリマーの良溶媒に浸漬させ溶媒エッチングを試みた。得られたサンプルの SEM 測定の結果から、マイクロ相分離構造を反映したポアが形成されていることが分かった。また複数のサンプルに対し同様の測定を行ったところ、ホモポリマーの添加量に応じて、ポアのサイズが変化することが分かった。しかしポアの形成はサンプル内で一様に達成されておらず、特定の領域のみであったことから、エッチング条件などの最適化が望まれる。また金属蒸着などによりテンプレートの構造を反映した材料を作製することが今後の課題である。