

## 審査の結果の要旨

氏名 横田 敏彦

近年、医療の高度化に伴い、生体親和性と医用機能性を複合的に兼ね備えた材料が強く求められている。本研究は、生体組織反応性や血液凝固性が低いという利点を持つためカテーテル用材料として使用されているシリコンを対象とし、組織適合性に乏しく経年劣化が起こるといふその欠点を改善するために、プラズマイオン注入/成膜法(以下、PBI法/PBIID法という)により、シリコン表面の改質や表面へのダイヤモンドライクカーボン(以下、DLCという)コーティングを行った研究の結果を述べたもので、全体で7章から構成されている。

第1章は序論であり、生体材料についての重要性および進歩、求められる条件や現状についての説明を行なうとともに、本研究の目的を以下のように設定している。

1. PBI法によってシリコンの表面改質を行い、表面改質したシリコン試料に対する各種の表層物性測定および解析から、プラズマイオン注入効果と生体組織に対する適合性の関連に関する知見を得ること
2. PBIID法にて成膜したDLC膜の基礎的物性データの取得およびそれらと細胞接着挙動の関連性に関する知見を得ること
3. PBIID法を用いて成膜を行い、シリコンとDLCの界面に関する物性特性の知見を得ること。

第2章においては、PBI処理したシリコンの表面改質効果について検討を行っている。表層物性の解析から、表面粗さの増大、表面官能基の生成および分解、接触角の低下といった結果を得ており、処理条件を変化させることで各種の物性が制御できることを示している。

第3章では、PBI処理したシリコンの生体組織接着剤への付着力試験ならびに細胞接着性検証実験を行い、その特性改善について評価・検討を行っている。

プラズマイオン注入によって、シリコンの生体組織接着剤へのせん断方向付着力は約2~8倍と大幅に向上した。これは、プラズマイオン注入による表面官能基の分解・生成および、表面形状の変化に起因すると考えられる。さらに、プラズマイオン注入によって、シリコンの細胞接着率・細胞数ともに大幅に向上し、未処理シリコンの細胞接着率が5割強であるのに対し、イオン注入試料は最大で約9割の細胞接着率となった。これは表面官能基の分解・生成による表面の親水化から細胞接着タンパク質が活性化されたこと、および表面形状の変化などに起因すると考えられる。また、表面が顕著に炭素化された試料においては細胞接着性が比較的低かった。以上の結果から、プラズマイオン注入効果と生体組織に対する適合性の関連に関する知見を得ている。

第4章では、PBIID法によって作製されるDLC膜の水素および窒素濃度が制御可能

であり、様々な特性をもつ DLC 膜を作製できることを示している。また窒素ドーピングによりアミノ基の生成が示唆され、細胞接着性の向上に繋がることを示している。さらに、処理したシリコンの表面改質効果についての検討を行い、表層物性の解析から、表面粗さの増大、表面官能基の生成および分解、接触角の低下といった結果を得、処理条件を変化させることで各種の物性が制御できることを示している。

第 5 章では、DLC 膜が生体安全性のみならず組織適合性にも優れており、組織と接触する界面にも適用できることを述べている。さらに、ダングリングボンド生成による表面官能基付与と窒素ドーピングによって、DLC 膜の組織適合性を制御できる可能性を示している。以上から、PBIID 法にて成膜した DLC 膜の基礎的物性データの取得およびそれらと細胞接着挙動の関連性について述べている。

第 6 章では、DLC コーティングしたシリコン試料を作製し、各元素の深さ分布測定を行っている。トルエンを原料に用いた場合は作製試料の界面が傾斜組成になっており、密着力が高いものと考えられる。また、DLC コーティングしたシリコンの生体材料への応用を考えた場合、表面粗さが増加しないような成膜条件にて作成する必要があると述べている。以上から、PBIID 法を用いて成膜した DLC コーティングシリコン試料のシリコンと DLC の界面についての物性や特性についてまとめている。

第 7 章は結論であり、本研究の成果を取りまとめている。

以上のように、本論文は、PBIID 法によるシリコンの表面改質について、各種の物性特性を制御することで、細胞接着性を制御できる可能性を示すとともに、DLC コーティングシリコンを調製することにより、DLC コーティングシリコンカテーテルという新たな生体機能性材料の創製に関して、その実現可能性を示したものであり、システム量子工学の展開に大きく寄与するものと考えられる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。