

氏 名	モハメド ハムディ アブドル シュコール MOHD HAMDI ABD SHUKOR
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2298 号
学位授与の日付	平成 15 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 精 密 工 学 専 攻
学位論文題目	New Approaches to the Preparation of Calcium Phosphate Coating for Biomedical Applications (医用燐酸カルシウム薄膜作製のための新手法)
論文調査委員	(主 査) 教 授 井 出 亜 里 教 授 垣 野 義 昭 教 授 富 田 直 秀

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、体内埋入用インプラント部品の親和性を高めることを目的としたヒトの骨に近い特性をもつ薄膜の開発に関する研究である。まず、現在研究製造されているハイドロキシアパタイトの基本的な特性と改良すべき点について理論および実験より検討している。CaP系の薄膜の製造について三の物理的蒸着法、すなわち、多元素同時蒸着法 (SVD)、イオンビーム併用多元素同時蒸着法および電子ビーム蒸着法について理論的・実験的に検討している。作製した薄膜についてイオンビームおよびX線を用いて分析評価を行なっている。得られた成果の主たるものは以下のとおりである。

第1章は緒言であり、燐酸カルシウムを用いたバイオセラミックスに関する研究の背景、目的を述べている。骨とインプラントの相互作用について説明し、燐酸カルシウム皮膜の生物学的評価および問題点について述べた。また、ハイドロキシアパタイトについての開発と研究の現状を論じた。

第2章では本研究課題で用いた分析手法について、またハイドロキシアパタイト薄膜製造のために用いた技術について説明した。具体的に、物理的蒸着法、真空中直接蒸着法、微細形態分析、微細構造分析について述べた。特に、本研究課程で開発した独自の技術の基礎的な考え方について記述した。

第3章では、イオンビームを用いた燐酸カルシウムバイオセラミックス薄膜の特性評価、薄膜の組成分析と不純物分析について記述した。特に、複合薄膜材料に用いるイオンビーム分析と薄膜の化学量論的分析について詳細に述べた。

第4章では多元素同時蒸着法 (SVD)、すなわちハイドロキシアパタイトの構成元素を同時に真空蒸着し、化学量論的にヒトの骨と同様な薄膜の作製を目的とし、実験をおこなった。作製した薄膜をイオンビーム分析法およびXRDを用いて評価した。多元素蒸着法を用いることによって、蒸着膜のCa、P主成分の組成比を自由に制御できることを確認した。また熱処理を行なうことにより、作製した薄膜の結晶性を変化させ、自然な骨に近い結晶性を持つ人工骨の作製条件を検討した。結論として多元素同時蒸着法 (SVD) は蒸着薄膜内の組成制御が可能な技術であり、良質の薄膜の作成が可能であると述べた。また、この方法は生産性に優れた方法であると記述した。

第5章では第4章で開発した技術によって作成した薄膜の熱処理について述べた。多元素同時蒸着法 (SVD) を用いた時の最適な熱処理条件について述べた。本章の結論として、蒸着時のそれぞれの元素の蒸着率を制御しながら化学量論的に自然の骨に近いハイドロキシアパタイトを作成できるが、その結晶性を制御するために熱処理が必要不可欠であることについて述べた。

第6章では電子ビーム蒸着法 (EBD) を用いてCaP系の薄膜を作製した。また、作製した薄膜をイオンビーム分析法およびXRDを用いて評価した。電子ビーム蒸着法を用いることによって、均一な薄膜がえられることを確認した。また、熱処理を行なうことにより、作製した薄膜の結晶性を改善し、自然な骨に近い結晶性を持つ人工骨の可能性を実験で確認した。

第7章ではイオンビームアシスト蒸着法 (IBAD) を用いてCaP系の薄膜を作製した。また作製した薄膜をイオンビーム

分析法およびXRDを用いて評価した。イオンビームアシスト蒸着法（IBAD）を用いることによって、蒸着膜の均一な薄膜がえられることを確認した。

第8章では多元素同時蒸着法（SVD）を用いて作成した薄膜をハanks溶液中で体内条件に近い化学環境で試験し、薄膜の安定性、体内に長期埋入された時の薄膜の溶出問題について述べた。結論として、人の骨に近い組成と結晶性を持つ薄膜はきわめて安定であるが、非晶質のHApは解けやすく溶出しやすいことを述べた。

第9章では電子ビーム蒸着法を用いて作成した薄膜をハanks溶液中で体内条件に近い化学環境で試験し、薄膜の安定性、体内に長期埋入された時の薄膜の溶出問題について述べた。

第10章では研究の総合的なまとめと結論について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、体内埋入用インプラント部品の親和性を高めることを目的としたヒトの骨に近い特性をもつ薄膜の開発に関する研究である。まず、現在研究製造されているハイドロキシアパタイトの基本的な特性と改良すべき点について理論および実験より検討している。CaP系の薄膜の製造について三つの物理的蒸着法、すなわち、多元素同時蒸着法（SVD）、イオンビーム併用多元素同時蒸着法および電子ビーム蒸着法について理論的・実験的に検討している。作製した薄膜についてイオンビームおよびX線を用いて分析評価を行なっている。得られた成果の主たるものは以下のとおりである。

多元素同時蒸着法（SVD）、すなわちハイドロキシアパタイトの構成元素を同時に真空蒸着し、化学量論的にヒトの骨と同様な薄膜の作製を目的とし、実験をおこなった。作製した薄膜をイオンビーム分析法およびXRDを用いて評価した。多元素蒸着法を用いることによって、蒸着膜のCa、P主成分の組成比を自由に制御できることを確認した。また、熱処理を行なうことにより、作製した薄膜の結晶性を変化させ、自然な骨に近い結晶性を持つ人工骨の作製条件を検討した。

電子ビーム蒸着法（EBD）を用いてCaP系の薄膜を作製した。また、作製した薄膜をイオンビーム分析法およびXRDを用いて評価した。電子ビーム蒸着法を用いることによって、均一な薄膜がえられることを確認した。また、熱処理を行なうことにより、作製した薄膜の結晶性を改善し、自然な骨に近い結晶性を持つ人工骨の可能性を実験で確認した。

以上の二つの方法で作製した薄膜の特性を化学量論的にヒトの骨と同じ構造にするためにイオンビーム照射をしながら薄膜を成長させ、イオンビーム加工・分析を行なった。また、以上述べた3つの方法について詳細な比較検討を行ない、長所短所について学術的および生産工学的優位性について簡単に比較した。

電子ビーム蒸着法によって作製したCaP系薄膜の体内と類似した環境（in vitro）で試験し、その安定性について検討した。結果として、薄膜が安定で、新しいハイドロキシアパタイト系の膜が金属に蒸着した薄膜の上に成長したことを確認した。

以上の実験・理論検討の結果として、申請者は多元素同時蒸着法、イオンビーム併用多元素同時蒸着法および電子ビーム蒸着法を用いることが、ヒト体内適合性の高いインプラント材料開発に適しているという結論を導いている。

以上、本論文は、物理的蒸着法を用いた新生体材料を研究したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年4月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。