

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Corrosion-reconstruction bonding of freestanding ultrathin glass film on metal at room temperature
著者(和文)	LiuYin
Author(English)	Yin Liu
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11655号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:矢野 哲司,松下 伸広,生駒 俊之,小林 郁夫,林 幸
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11655号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	LIU YIN	
論文審査 審査員		氏名		職名	氏名	職名
	主査	矢野 哲司		教授	林 幸	准教授
	審査員	松下 伸広		教授		
		生駒 俊之		教授		
		小林 郁夫		准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Corrosion-reconstruction bonding of freestanding ultrathin glass film on metal at room temperature (溶解-再構築結合による自立ガラス超薄膜と金属基板との室温接着)」と題し、8章で構成される。

第1章「Introduction」では、研究背景および研究目的を述べている。ガラス材料および薄膜ガラスについて科学的工学的見地から概説するとともに、様々な用途において基板上にガラス薄膜を形成する種々の既存技術とその機構・特徴を述べている。その上で、接着剤および加温処理を施すことなく強い接着を達成できる技術がなく、多層化を含む様々な用途に用いることのできる新たな室温接着技術が望まれている背景について説明し、本研究の必要性と意義について述べている。

第2章「Strong bonding of 45S5 ultrathin glass film on Ti plate at room temperature」では、生体適合性に優れた45S5ガラスの自立超薄膜化とTi金属平板との室温接着について述べている。45S5ガラスをブローイング法によりマイクロメートルレベルまで薄くした自立超薄膜を作製し、表面研磨したTi金属平板との間に純水層を挟み込み、室温保持することで900mN/m²以上の接着強度を達成できることを見出している。この接着強度は、生体インプラント材料に求められている応力負荷に対して十分な大きさであり、簡便でかつ高い接着強度を持つガラス/金属接着方法となることを示している。

第3章「Corrosion-reconstruction bonding mechanism of 45S5 ultrathin glass film on Ti plate at room temperature」では、第2章で見出された室温接着法の科学的原理について光電子分光法(XPS)、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて明らかにしている。作製される45S5自立ガラス超薄膜は表面数ナノメートルにNa₂Oリッチ層を有し、水を介してTi金属と接触することで水のpHを上昇させ、ガラス表面、Ti金属表面を化学溶解させる。溶解したガラス成分のNa, Ca SiおよびTi金属からのTiのイオンは縮重合により厚さ数十ナノメートルのアモルファス層を形成し、ガラス薄膜/Ti金属を接着させる。それらの進行過程をXPSで詳細に追跡し、界面層の組成分布をTEM/EDSにより明らかにしている。その機構からCorrosion-reconstruction bonding technique (溶解-再構築結合法)と名付けている。

第4章「Fabrication of multi-layer structure of 45S5 ultrathin glass films by corrosion-reconstruction bonding」では、Ti金属基板上に45S5自立ガラス超薄膜を多層接着し、40層・80μm以上の厚膜を形成できることを示している。ガラス薄膜同士の接着強度は1000mN/m²と高く、十分な接着強度であることを示した。また、純水にNi²⁺イオンをプローブとして添加し、界面層内での反応をX線吸収スペクトル(XAFS)により解析している。Ni²⁺イオンの凝集過程が観察され、高いpH環境下で界面層が形成されていることを立証している。

第5章「Surface of ultrathin glass film of silicate and phosphate glasses」では、45S5生体ガラス以外のケイ酸塩、リン酸塩ガラスのさまざまな組成を有するガラスについて、自立超薄膜化することによるNa₂Oリッチ層の形成の有無とその化学組成依存性について、FT-IR, XPSを用いて調べている。ケイ酸塩ガラスについては、Na₂Oリッチ層を形成する組成域としない組成域とが明瞭に存在し、Na₂O/SiO₂=1/3を境界として>1/3の領域でNa₂Oリッチ層の形成が生じることを明らかにしている。一方、リン酸塩ガラスでは、Na₂Oリッチ層の形成は認められないことを示している。

第6章「Glass composition for strong bonding of corrosion-reconstruction bonding on Ti plate at room temperature」では、第5章で作製した自立ガラス超薄膜とTi金属平板との接着を行い、その強度を評価している。接着強度はガラス組成によって大きく異なり、最も接着強度の小さいガラスから1400mN/m²以上の非常に強い結合をするガラスまで4つのグループに分類できることを明らかにしている。ケイ酸塩ガラスでは、Na₂Oリッチ層の形成が大きく認められるものほど強い接着強度に至る傾向を持つのにに対し、リン酸塩ガラスでは、Na₂Oリッチ層が形成されないにもかかわらず調査したガラスの中で最も強い接着強度を示すガラスであることを見出している。これらの結果について、ガラス組成と表面溶出の関係から説明を与えている。

第7章「Potentiality of freestanding ultrathin glass films and the corrosion-reconstruction bonding technique」では、自立ガラス超薄膜とさまざまな物質との室温接着について、本研究で見いだされた溶解-再構築結合法の可能性と適用科学技術分野について展望し、今後展開すべき研究開発課題について述べている。

第8章「Conclusion and suggestions」では、本論文を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、自立ガラス超薄膜と金属平板とを接着剤を用いず室温接着する方法を調べ、新たに見出した溶解-再構築結合法が十分な接着強度を与える手法であることを示し、その原理について明らかにしている。さらに、広くさまざまなガラス材料について調べ、その利用、応用方法について提示しており、学術上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士（学術）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。