



Title	INTERFACIAL PHENOMENA IN ANODIC BONDING OF GLASS TO METALS AND SEMICONDUCTOR
Author(s)	Abo, Khalah Morsy Amin Morsy
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40639
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文について をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	アボハラモルスィアミンモルスィ ABO KHALAH MORSY AMIN MORSY
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 4 3 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 10 月 31 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 生産加工工学専攻
学 位 論 文 名	INTERFACIAL PHENOMENA IN ANODIC BONDING OF GLASS TO METALS AND SEMICONDUCTOR (ガラスと金属及び半導体との陽極接合における界面現象)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 牛 尾 誠 夫 (副査) 教 授 小 林 紘 二 郎 教 授 池 内 建 二

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ガラス中のイオン伝導を利用したガラスと金属との接合法である陽極接合の界面現象を詳細に観察し、その接合機構についての理解を深めようとしたもので、全論文は以下の 6 章によって構成される。

第 1 章では、陽極接合とその関連分野における従来の研究を概観し、本研究の背景を説明した後、研究目的ならびに本論文の構成を述べている。

第 2 章では、熱膨張係数のほぼ等しい、ホウ珪酸ガラスとコパール合金との陽極接合を取り上げ、接合面の密着面積の接合温度、時間依存性の解析から、密着化の律速因子が、約 680 K を境にして低温側では、ガラス中の Na イオンの拡散となり、高温側では、粘性流動となることを示し、これらを説明する密着化機構を提案している。

第 3 章では、ホウ珪酸ガラスとコパール合金との接合部の微細組織の観察を行い、接合界面に隣接するガラス中に、巾数 μm の Na と K の欠乏層が形成されること、さらに界面の近傍には、非常に薄い Fe-Si 系非晶質複合酸化物層と Fe 結晶酸化物層が形成されることを見出し、従来、接合媒体と示唆されてきた陽極酸化層の形成を実証している。ガラス中の静電場の解析より、Na, K の欠乏層中には結合の切れた O イオンの電荷による急峻な電場が形成され、上記の欠乏層の成長や陽極酸化層の形成を支配することを示唆している。

第 4 章では、Si, Al および Ag をガラスと接合し、コパール合金の場合と比較した結果、Ag は、Na 欠乏層に大量に侵入し、O イオンによる電荷の蓄積と急峻な電場を打ち消して、接合が不可能なことを、一方 Fe よりガラス中への侵入の困難な Si と Al は、コパール合金より接合が容易なことを見出し、Na 欠乏層中の電荷蓄積の重要性を指摘している。

第 5 章では、コパール合金とホウ珪酸ガラスとの陽極接合継手に、接合時とは逆方向の電場を印加することによって、接合面積の収縮、さらには界面剥離 (debonding) が可能であることを見出し、接合条件および逆電圧の印加条件が debonding に及ぼす影響を検討している。debonding された継手の破面からは、著しく高濃度の Na が検出されることより、debonding はガラス/金属界面での Na の蓄積によるものと考え、逆電場下での界面への Na の輸送現象を検討することによって、上記の結果を説明している。

第6章では、本研究で得られた知見を総括し、結論としている。

論文審査の結果の要旨

陽極接合は、ガラスと金属との低温・精密接合法として、電子センサー等への広範な適用が進められつつある方法で、イオン伝導の可能な温度域でガラスに高電場を印加することによって金属（陽極側）との接合が行われる。しかし本法については、基礎的な研究が不足し、接合機構がよく理解されないまま、実用化が進められているのが現状である。本研究は、接合界面現象の詳細な観察から、陽極接合機構を材料学的に検討しようとしたもので、熱残留応力の継手部特性への影響を避けるため、熱膨張係数のほぼ等しいホウ珪酸ガラスとコバル合金とを、接合試験片として選択している。得られた主要な結果は以下の通りである。

- (1) ホウ珪酸ガラスとコバル合金との陽極接合における、密着面積の接合温度、時間依存性の速度論的な解析から、接合面の密着化は、接合温度によって異なる2つの過程、すなわち、約680Kより低温側では、ガラス中のNaイオンの拡散、高温側ではガラスの粘性流動によって律則されることを見出し、これを説明する密着化機構を提案している。
- (2) 接合界面に隣接するガラス中には、巾数 μm の領域にわたって、Naの欠乏層が形成され、この中には、さらにKイオンの欠乏層と濃化層が形成されること、接合界面のさらに近傍では、非常に薄いFe-Si系の非晶質複合酸化物層と、Fe系の結晶酸化物層が形成されることを見出している。これらの酸化物層は、従来、ガラスと金属とのバインダーとして示唆されてきた陽極酸化層と見なされ、本研究はその形成を初めて実証している。
- (3) ガラス中の静電場の解析から、Naイオンの欠乏層中には、Naとの結合の切れたOイオンの電荷による、非常に強い電場が形成されることを示し、この電場による駆動力によって、Naイオンよりも格段に易動度の低いK、FeおよびOイオンの移動が生じるとして、上記(2)の各層の形成・成長過程を説明している。
- (4) コバル合金と比較するため、Al、Si、およびAgをガラスに接合し、界面現象を観察している。その結果、接合する金属によって、NaおよびK欠乏層の巾ならびに密着化過程が大きく影響を受けることを見出し、これらがガラス中への各金属の侵入の容易さによって説明されることを明らかにしている。
- (5) コバル合金とホウ珪酸ガラスとの陽極接合継手に、接合時とは逆方向の電圧を印加することによって、継手が界面で剥離（debonding）されることを見出し、debondingの可能な接合条件範囲、またAg陽極によるdebondingの加速効果を示している。debondingによる剥離面からは、大量のNaが検出されることから、逆電場下でのNaの輸送現象を考察することによって、debonding現象の説明を試みている。

以上のように、本研究は、陽極接合法の密着化過程における2つの律速過程の存在や、バインダーとしての陽極酸化層の形成などの新しい知見を見出し、また界面微細組織の形成過程についてより総括的な説明を与えている。さらに、必要に応じて継手を随意に界面分離し得る方法として、材料リサイクルの面から注目されるdebonding法を開発するなど、生産加工工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。