

論文内容要旨 (和文)

平成20年度入学 博士後期課程

専攻名 ものづくり技術経営学専攻

氏 名 小野 和彦



論 文 題 目 自己組織化单分子膜によるめっき皮膜の信頼性向上に関する研究

めっきは、古来より装飾および腐食防止として用いられてきた。それに加えて、めっきは、新たなる機能を付与することが可能な技術である。そのため、近年では電子部品の性能を最大限に発揮するためにはなくてはならない技術となっている。しかし、めっき皮膜は金属薄膜であり、腐食する可能性がある。電子部品においてめっき皮膜に腐食が発生すると、断線、配線短絡、実装性低下、電気抵抗増加、摩擦係数増加、固着などの様々な不良が発生する。そのため、製品として信頼性が無いと判断される。この腐食を防ぐことは、めっき皮膜の信頼性向上において重要な課題である。

腐食を防ぐ方法は、対象物や使用用途により様々な方法がある。その中でもコストが低く効果的な方法は、腐食防止剤の塗布である。腐食防止剤は、金属表面を有機膜で覆う。それにより、水や酸素あるいは塩素などの腐食促進物質と金属の接触を妨げることができ、腐食が防止される。しかし、金属表面を腐食防止剤で覆うことによる弊害も発生する。電子機器の主要部品であるプリント配線板(以下 PWBと省略)は、様々な電子部品をはんだや金属ワイヤーで接合する。腐食防止剤は、その実装を妨げ、接合不良や接合強度低下を引き起こす。そのため、一般的にPWBに対して腐食防止剤を塗布しない。PWBのめっきには、表層に金めっき皮膜を成膜する場合が多く、配線を腐食から守る役割も持っている。しかし、近年のAu価格高騰により、原価低減のためにAuめっき厚を薄くする傾向にある。Auめっき厚が薄いと、Auめっき皮膜には、下地めっき皮膜まで貫通しているピンホールが多く存在する。そのため、これまでよりも素材や下地めっき皮膜に腐食が発生しやすい状態になっている。また、近年の東南アジア進出により、高温多湿にさらされ腐食が発生するという事例も報告されている。腐食防止剤の塗布とは別に、梱包方法や使用環境の改善などが考えられるが、コストを考えると現実的ではない。このような背景のもと、本研究では、腐食防止対策が困難であり、Auめっき皮膜の薄膜化で腐食の可能性が高まっているPWBのめっき皮膜を対象として、実装性を低下させることのない腐食防止剤の実用化および工業化を検討することにした。

腐食防止剤の塗布により形成される有機膜は、10 nm以上とも100 nm以上とも言われている。10 nmよりもさらに薄い有機膜を形成させることにより、実装性の低下を回避できる可能性がある。その方法を模索する中で、金属表面に厚さ1 ~ 2 nmの緻密な单分子膜を形成する方法に着目した。

特定の官能基をもった有機分子が固体表面へ吸着し、单分子層を形成することは以前から知られている。この单分子層は、自発的かつ規則的に集積することから自己組織化单分子膜または自己集積化单分子膜(以下 SAMと省略)と呼ばれている。分子レベルで緻密な2次元の膜を形成することから、腐食促進物質の浸入を防ぐことでき、耐食性の向上が期待できる。このSAMが実装性の低下がない腐食防止方法として有効であれば、めっき皮膜の信頼性は向上する。

本研究の成果として、PWB上のめっき皮膜に1-octadecanethiolのSAM(以下 ODT-SAMと省略)を

形成することに成功した。ODT-SAMの形成により、めっき皮膜の耐食性を向上することに成功した。ODT-SAMによる実装性の低下は認められなかった。また、一般的にSAM形成に用いられる溶媒はエタノールである。しかし、エタノールは、水系に比べ安全面やコスト面で劣る。これは、工業化を目指す上で課題の一つとなる。そこで、水系のプロセス構築のために、界面活性剤を用いてODTを水に溶解し、ODTミセル水溶液とした。このODTミセル水溶液を用い、PWB上のめっき皮膜にODT-SAMを形成することに成功した。耐食性および実装性は、エタノール溶液から形成したODT-SAMと同等であった。以上より、PWB用の腐食防止剤としてODT-SAMが実用可能であることを示した。また、用途により、エタノール溶液とミセル水溶液から溶媒を選択できることを示した。

ODT-SAMが実用可能であることを示したが、工業化に際し、製造設備や評価設備を考慮する必要がある。そのため、製造設備および評価設備について検討した。設備に関しては、既存技術で問題なく構築できることがわかった。また、クリーンルームや真空装置は使用しないため、設備は比較的安価に購入可能である。課題としては、SAM処理液の管理方法がある。現在は、SAM処理液のチオール濃度、界面活性剤濃度あるいは不純物濃度の分析方法が確立されていない。これら濃度が、SAM形成に影響を及ぼす可能性があるため、分析方法を確立し、処理液の品質を管理していく必要がある。また、環境負荷を与えないように、SAM形成プロセスの廃液が環境に流出しないための廃液処理を検討する必要がある。

今後、腐食防止剤としてODT-SAM形成プロセスが工業化することにより、東南アジアで発生するPWBめっき皮膜の腐食問題の低減が期待される。また、応用分野として、MEMSなどの微小微細部品における腐食防止剤としての活用が期待される。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 25 年 2 月 12 日

理 工 学 研 究 科 長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 児玉直樹 
副査 高橋幸司 
副査 志村勉 

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 ものづくり技術経営学 専攻
氏名 小野和秀

2. 論文題目（外国語の場合は、その和訳を併記する。）

自己組織化単分子膜によるめっき皮膜の信頼性向上に関する研究

3. 審査年月日

論文審査 平成 25 年 1 月 25 日 ~ 平成 25 年 2 月 7 日
論文公聴会 平成 25 年 2 月 7 日
場所 国際事業化研究センター3階 セミナーホール
最終試験 平成 25 年 2 月 7 日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果（「合格」・「不合格」で記入する。）

(1) 学位論文審査 合格
(2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨（1,200 字程度）

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	ものづくり技術経営学専攻	氏名	小野 和秀
学位論文の審査結果の要旨			
本論文は、自己組織化单分子膜(SAM)を用いて、プリント配線板上のめっき皮膜の耐食性を向上することで、めっき皮膜の製品としての信頼性を向上させた研究を論文にまとめたものである。本論文の構成は、以下の5章からなる。			
第1章では、研究の対象となる要素技術であるめっきおよびプリント配線板の課題を調査している。その中で、プリント配線板めっき皮膜の信頼性が低下する要因に腐食があり、その腐食防止方法がないことを述べている。その解決方法として、SAMに着目した旨を述べている。			
第2章では、めっき皮膜、プリント配線板およびSAMの技術や動向について調査し、SAMがめっき皮膜の信頼性を向上させるメカニズムを検討している。めっき皮膜へのSAMの応用実験として、プリント配線板のめっき皮膜であるAu/Ni-P上に、1-オクタデカンチオール(ODT)のエタノール溶液よりODT-SAMの形成を試みている。実験の結果より、プリント配線板めっき皮膜へODT-SAMを形成することに成功し、それにより実装性を低下させることなく腐食を防止できることを明らかにしている。腐食が防止されるメカニズムとして、めっき皮膜に存在するピンホール内のNiめっき皮膜にもSAMが形成されたためであることを示唆している。以上より、ODT-SAMがプリント配線板めっき皮膜の腐食防止剤として実用可能であることを明確にしている。			
第3章では、SAM形成プロセスの水溶液化を検討している。第2章では、エタノール溶液を使用したが、工業化においては、危険性やコストから水系のプロセスが望ましい。そこで、界面活性剤を用いてODTを水に可溶化することでODTミセル水溶液とし、この水溶液によりAu/Ni-PにODT-SAMの形成に成功している。耐食性は、エタノール溶液から形成したODT-SAMと同等であったことが示されている。これより、使用する用途に応じてエタノール溶液またはミセル水溶液を選択できることを明らかにしている。また、ミセル水溶液からのSAM形成メカニズムについて新たなモデルを構築し、検証を行なっている。			
第4章では、ODT-SAMを用いた腐食防止の工業化に際し、必要になる設備を検討するとともに、工業化の課題について述べている。設備においては、既存の技術を用いて構築が可能であり、工業化の設備導入において投資額や技術的な問題がないことを示している。			
第5章では、本論文の結論をまとめており、SAMがプリント配線板の腐食防止方法として、学術的にもSAM形成モデリングと検証を行い、実用可能であることを明確にしている。			
本論文は、応用研究だけではなく工業化を見据えた研究を行い、実用可能なプリント配線板の耐食性向上手段を得ることができている。			
この学位論文の内容は、以下の論文が公表されている。			
(1) K. Ono, T. Kurashina, K. Takahashi, N. Kodama, Practical Use of 1-octadecanethiol Self-assembly Monolayers Obtained from Aqueous Micellar Solution as Corrosion Inhibitor for Printed Wiring Boards, <i>J. Surf. Finish. Soc. Jpn.</i> , Vol.64, PP.140-145 (2013)			
(2) K. Ono, T. Kurashina, Y. Natori, K. Takahashi, Y. Nonagase, N. Kodama, Improvement of Corrosion Resistance of Electroless Au/Ni-P Layer using Self-assembled Monolayers of 1-octadecanethiol, <i>J. Surf. Finish. Soc. Jpn.</i> , Vol.63, PP.585-590, (2012)			
以上の研究成果は、MOTとしての価値創造が行われており、また工学的に優れた知見が得られていることから、本論文を合格と判定した。			
最終試験の結果の要旨			
論文審査員により論文の審査および質疑応答を行った結果、博士(工学)に相応の見識、専門知識、研究問題発見能力、問題解決能力および発表能力を有しており、最終試験で合格と判定した。			