

## 論文の内容の要旨

専攻名 情報制御システム科学専攻

氏名 田所 義浩

近年、電気電子製品の小型化に伴い、コネクタに代表される電子部品に対しても小型化の要求がある。これら電子部品には高い信頼性が要求されるため、銅合金を素材とし、下地に Ni めっき、表層に Au めっきを施し、最表面には数十 nm 程度の防錆皮膜を形成する工法が一般的である。しかし、使用環境に応じて、Au めっき表面に腐食物が生成し、電氣的接触不具合の実害が生じており、その対策が急務である。

本論文は、電子部品におけるめっき加工金属の腐食防止方法の開発を目的としており、様々な検討結果から腐食発現メカニズムを考察し、腐食抑制技術を開発した研究成果をまとめたものである。

本論文の研究目的は、(1) これまで定性的であった腐食の評価に対し、画像処理システムによる定量化を検討すること、(2) コネクタ部品の耐食性に及ぼす素材の影響について検討し、腐食発現メカニズムを検討すること、(3) 耐食性試験として近年採用されている4種混合ガス試験での腐食抑制工法を開発することである。

本論文は、以下の6章で構成されている。

第1章では、本論文の序論であり、コネクタにおける様々な問題点とともに、従前の対策方法について記述した。

第2章では、画像処理システムによる腐食の定量化を検討した結果を示した。画像処理システムを用い、腐食面積率を迅速に決定し、レイティングナンバの決定を容易とした。また、これらの結果は各機器分析結果との相関性が認められ、有効な定量評価方法であることを明らかにした。

第3章では、耐食性に及ぼす素材および下地めっきの影響について検討した。

第3章第1節では、素材の影響を検討するため、純銅、リン青銅および黄銅を素材として選定し、それぞれ下地に Ni めっき (約 1.0 $\mu\text{m}$ )、表層に Au めっき (約 0.8 $\mu\text{m}$ ) を施した試料を作製した。これら試料に対し、3種混合ガス試験 ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) を実施し、生成した腐食物を電子線マイクロアナライザ (EPMA) にて分析した結果、腐食は素材の Cu や Zn から始まり、次いで Ni の腐食が起こることが示唆された。

第3章第2節では、下地 Ni めっきの影響を検討した。素材としてリン青銅を用い、下地 Ni めっきをスルファミン酸浴およびワット浴から様々な電流密度条件 (5~25 A/dm<sup>2</sup>) にて電析させ (約 1.0 $\mu\text{m}$ )、いずれも表層には Au めっき (約 0.8 $\mu\text{m}$ ) を施した試料を作製し、3種混合ガス試験を実施した。その結果、ワット浴の耐食性が高く、X線回折 (XRD) による Ni 結晶子サイズの測定結果から、ワット浴はスルファミン酸浴より Ni めっき層の結晶子サイズが小さいという結果が得られた。また、腐食物に対する断面観察の結果から、本系ではピンホールは存在しないものと考えた。

第3章第3節では、耐食性に及ぼす下地 Ni-P 合金めっきの効果を検討した。Ni-P 合金めっきを Au めっきの下地に施した試料を作製し、3種混合ガス試験を実施した。その結果、P 共析量の増加と構造変化に伴い耐食性が向上し、非晶質構造となる 10wt% 以上では優れた耐食性を示すことを明らかにした。また、Au めっき表面の X 線光電子分光分析 (XPS) により、下地 Ni めっきおよび下地 Ni-P 合金めっきの両方で、耐食性試験前の表面に Cu の存在が認められたが、後者は前者より表面での Cu 存在量が少なかった。また、電子プローブマイクロアナリシス (EPMA) 測定により、下地 Ni-P 合金めっきは下地 Ni めっきと比較して、金めっき層中での Ni 存在量が少ないことが分かった。以上より、下地 Ni-P 合金めっきは Cu および Ni の拡散抑制効果が高いため、優れた耐食性を有しているものと結論付けた。

第4章では、前章の結果および多くの研究報告から、3種混合ガス試験における腐食発現メカニズムを推定した。腐食試験前の Au めっき層中の Cu の拡散から、腐食初期段階での硫酸イオンを含む Cu 化合物の生成、腐食の進行に伴っての Ni の拡散とその腐食物の生成、さらには Ni 層でのボイドの形成に至る段階を提案した。

第5章では、実際のコネクタを使用し、4種混合ガス試験 ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ) における耐食性と腐食抑制技術を考案した。第1節では、4種混合ガス試験が下地 Ni-P めっき試料に対しても著しく腐食させることを確認し、そのメカニズムを推定した。第2節では、この試験に耐えるための方法として、パーフルオロポリエーテル (PFPE) 系油を Au めっき表面に塗布する技術を考案し、実試験で有効であることを実証した。さらに第3節では、塩水噴霧、2種混合ガスおよび硝酸暴気試験を実施し、PFPE 油膜が腐食を抑制することを明らかにした。なお、この方法は実試料に使用されている。

第6章は総括であり、各章毎の結論および今後の課題を述べた。