

# 審査結果の要旨

論文題目 「金属基板上に形成した硫化銀薄膜および酸化ニオブ薄膜の  
発色メカニズムと画像形成手法」

学位申請者 小松 功

本論文は、薄膜干渉による発色に関するものである。薄膜干渉による発色は紫外線に対して劣化・退色しない、異物が混入する危険性がない、高温にも耐えられるなど、他の着色手法にはないメリットを持つ。薄膜干渉による発色例としては、酸化ニオブ薄膜が知られている。しかし、酸化ニオブ薄膜の発色が入射角の変化に対して、どのような傾向を示すのかについての系統だった報告例はこれまでなかった。そこで、本論文では、最初に酸化ニオブ薄膜の薄膜干渉による発色の入射角依存性について検討している。また、銀への硫化物処理による発色も工業的に期待される技術の1つである。硫化銀薄膜の発色メカニズムについては、薄膜干渉による説明がなされたこともあるが、必ずしも明確にはなっていなかった。そこで、酸化ニオブの薄膜干渉による発色と硫化銀薄膜の発色を比較することで、硫化銀薄膜の発色メカニズムについて明らかにすることを試みている。さらに、銀の硫化処理による発色とニオブの陽極酸化処理による発色の応用として、デジタル画像の形成を目的に、電子写真画像形成装置用トナーを用いてマスクを形成する手法を提案している。

研究の目的：金属の薄膜干渉による発色のメカニズムを明らかにし、さらにその応用分野を開拓する。まず、酸化ニオブ薄膜の薄膜干渉による発色が入射角の変化に対して示す傾向を系統的に明らかにする。次に、銀への硫化物処理による発色メカニズムを、酸化ニオブの発色メカニズムを参照しながら、明らかにする。最後に、銀の硫化処理による発色とニオブの陽極酸化処理による発色の応用として、電子写真用トナーを用いてマスクを形成し、デジタル画像を形成する。

第1章は序論であり、本論文で取り扱う研究の位置づけについて説明している。薄膜干渉に関する基礎原理と共に、本研究の背景、目的並びに意義について述べており、申請者がこの分野で十分な知識と経験を有していると判断できる。

第2章では、陽極酸化処理により形成したニオブ板上の酸化ニオブ層の発色において、印加電圧と入射角依存性の関係を明らかにするために、ゴニオフォトメータとエリプソメトリによる解析、およびSEMによる観察が試みられている。結果として、酸化ニオブ層の増加に伴い反射スペクトルの干渉ピークが長波長側にシフトしていくのに対して、入射角が大きくなるに従い干渉ピークが短波長側にシフトしていく傾向を確認した。また、低印加電圧で形成した酸化ニオブ層の場合、1次の干渉ピークが発色に影響してい

るのに対して、高電圧で形成した酸化ニオブ層では2次以上の干渉ピークが影響していた。そして2次以上の干渉ピークの半値幅が狭いことが、入射角が大きい場合の色変化の増大の原因になっている。以上の研究成果は薄膜工学の分野において有益な知見を与えるものである。

第3章は、硫化処理により形成した銀板上の硫化銀層の発色のメカニズムを明らかにするのが目的であり、薄膜干渉による発色を仮定した場合に想定される入射角依存性を確認している。第2章と同様の実験を行い、反射スペクトルにあるピークが、硫化処理時間が長いほど長波長側にシフトしていくのに対して、入射角が大きいほど短波長側にシフトする傾向を確認している。これらはニオブの薄膜干渉による発色と同じ傾向であり、硫化処理された銀も薄膜干渉により発色していると考えられる。硫化物処理による銀の発色メカニズムを明らかにしたことは、表面科学の分野で有益な知見を与え、また、工業的な意義も大きいものと判断される。

第4章では、銀板を硫化処理して発色する手法を用いて画像形成を試みている。マスクとしてレーザープリンタのトナーを用いるトナーマスク法を考案し、実際に画像形成を試みて良好に画像形成が可能であることを示している。

第5章では、第4章で考案したトナーマスク法を用いて、ニオブ板の陽極酸化処理による発色においても画像形成を試みた結果、良好に画像形成が可能であることを確認した。第4章および第5章の結果は、画像工学の観点から、新しい領域を切り開く研究として評価でき、産業への応用が期待される。

第6章は各章の結果のまとめであり、本論文の結言が簡潔にまとめられている。これらの結果は薄膜工学、表面科学のみならず、画像工学の観点からも評価でき、産業への応用が期待される。

以上、本研究は、金属表面への薄膜干渉による発色を基礎として、金属表面へ画像形成を行う技術の開発に関するものである。本研究の成果は、薄膜工学、表面科学の分野で新しい領域を切り開くと同時に、画像工学の観点から産業に対しても貢献するものと考えられる。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 小松 功は東海大学 博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

#### 論文審査委員

主査	博士（工学）	岩森 暁	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	工学博士	面谷 信	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	Ph. D.	前田 秀一	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	内田 理	情報理工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	樋口 昌史	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）