

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02471

研究課題名(和文) 銀薄膜の高湿度下での耐性向上のメカニズムの解明

研究課題名(英文) Study of the mechanism of improved resistance of silver thin films under high humidity

研究代表者

川村 みどり (Kawamura, Midori)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：70261401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：真空成膜装置中で成膜直後の銀薄膜に水蒸気を曝露後、アルミナナレイヤを積層して取り出し、高湿度下での環境試験を行った。その結果、水蒸気曝露履歴のない積層膜よりは、粗さが増大したが、一方で、単層膜よりは十分に劣化が防止されており、保護効果が確認できた。また、銀成膜後、水蒸気や酸素を導入し、制御した雰囲気環境試験を行った結果、水蒸気・酸素混合雰囲気中で試料の粗さが最大となり、次いで、水蒸気雰囲気であることが判明した。また、銀薄膜スパッタ成膜時のガスにクリプトンを用いると、貴ガス取り込みが排除され、優れた物性値を得たが、耐久性に関する違いは認められなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成膜装置から銀薄膜を取り出した際、水蒸気・酸素の影響の切り分けは困難だが、装置内で水蒸気曝露や制御した雰囲気での環境試験を行うことで、銀表面が接した単独のガスの影響を評価できた。成膜装置内での銀薄膜への水蒸気曝露は、大気中の水蒸気分圧より極めて低くても、銀薄膜の表面粗さの増大が認められ、銀成膜直後に保護層を積層することの重要性を確認した。また一方で水蒸気曝露の有無にかかわらず保護層による耐久性の付与効果の大きさも確認した。成膜に続き環境試験を行った結果から、水蒸気・酸素混合雰囲気での粗さの増大が最大であり、大気中での高湿度試験では、酸素の共存の影響が大きいと言える。

研究成果の概要(英文)：After exposing the silver thin film to water vapor in a vacuum deposition apparatus, the aluminum nanolayers were deposited and an environmental test was conducted. As a result, the roughness was larger than that of the multi-layer film without water vapor exposure history, but the degradation was sufficiently prevented compared to that of the single-layer film. In addition, environmental tests were conducted by introducing water vapor and oxygen in a vacuum after silver deposition, and the results showed that the roughness of the samples was largest in a mixed water vapor/oxygen atmosphere, followed by a water vapor atmosphere. Therefore, the effect of the coexistence of oxygen is significant in high humidity tests in air. The effect of gases during sputtering deposition was examined, and found that there were differences in resistivity, but no effect of gas species was observed in durability.

研究分野：薄膜材料工学

キーワード：銀薄膜 表面保護層 高湿度 環境試験 真空 表面粗さ

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

銀薄膜は、全金属中で最低電気抵抗率・最高光反射率などの優れた物性を有するものの、劣化し易いというデメリットにより、別の物質で代替されることも多い。従って、銀薄膜の安定性を向上させることが、幅広く銀薄膜を利用するために必要不可欠であり、そのためには劣化メカニズムの解明が重要である。我々がこれまでに得た知見では、極薄のアルミナノレイヤを銀薄膜に積層すると、真空装置外に取り出した直後に自然酸化でアルミ酸化物ナノレイヤとなり、銀薄膜に高安定な特長を付与することができた。実用的な光学薄膜の高温高湿度下での環境試験にも十分耐え得ることを見出した。表面層の存在により、銀薄膜と水蒸気との直接的な接触を防ぐためであると考察している。一方で、水蒸気存在下での銀の凝集開始メカニズムについてはまだ不明な点が多い。

### 2. 研究の目的

本研究では二つの観点で、銀薄膜の高温高湿度下での耐久性を調査した。第一に、スパッタリング法で成膜時に適切な貴ガスを使用することにより、貴ガスの膜への取り込みがない究極の緻密な膜を作製し、その耐久性を調べた。第二に、水蒸気や酸素を選択的に導入できるスパッタ成膜装置を用いて、成膜直後の試料に水蒸気や酸素を曝露し、大気に曝すことなく環境試験を実施し、各ガスの影響を明らかにする。また、銀成膜後、水蒸気に曝露した後にアルミナノレイヤを積層した場合、その後の環境試験耐久性に影響が生じるか調査する。

### 3. 研究の方法

試料の作製方法については、実験項目ごとに大きく異なるため、別途記載する。大気中での環境試験は、JIS(日本工業規格)で規定している光学コーティングの環境試験中、高温高湿度条件下で最も厳しい条件である、55℃、相対湿度90%、保持時間16時間を中心に用いた。

評価項目としては、電気抵抗率(四探針法)、正反射率・拡散反射率(分光光度計)、表面形態(光学顕微鏡、SPM、SEM)、結晶配向性・結晶子径(XRD)等を実施した。

### 4. 研究成果

#### (1) クリプトンガスをを用いたスパッタリング法により得られた銀薄膜の耐久性の検討

スパッタリング法による薄膜作製では、一般的に金属膜の成膜においては、コスト上のメリットによりアルゴンガスが用いられている。しかし、ターゲット金属の質量数が大きい場合、ターゲット表面で中性になった高エネルギーアルゴンが基板に入射し(反跳アルゴン)、膜表面にダメージを与え、一部は膜中にトラップされ、結果的に物性に影響する現象も知られている。取り込みを抑制するためには、金属とスパッタガスの原子量比が1に近づけるのが望ましい。銀の場合は、アルゴンよりもクリプトンの方が、適していると考えられる。そこで、スパッタ成膜装置中で、クリプトンガスをを用いて銀薄膜を成膜し、得られたアズデポ膜の物性、及び環境試験後の物性を調査した。

成膜には高周波多元スパッタリング装置を用いた。銀薄膜の厚さは150nmとし、単層膜及び表面層としてアルミを厚さ1, 3nm積層した構造を作製した。

図1は異なる条件におけるクリプトン及びアルゴンガスでスパッタ成膜した銀薄膜の電気抵抗率と結晶子径を示している。成膜条件により堆積速度が変化するが、クリプトンでスパッタ成膜した銀膜は堆積速度に依らず、低い電気抵抗率と大きい結晶子径を示した。一方、アルゴンでスパッタ成膜した銀膜はスパッタパワーの増加に伴う堆積速度の増加により、電気抵抗率の増大と結晶子径の縮小が確認されている。これによりアルゴンスパッタでは堆積速度に伴いガストラップも増加すること、クリプトンガススパッタでは堆積速度の増加した際にもガストラップを抑制できていると考えられる。そこでクリプトンスパッタもアルゴンスパッタと同様のパワー15W、距離55mmの条件にて各種成膜を行った。

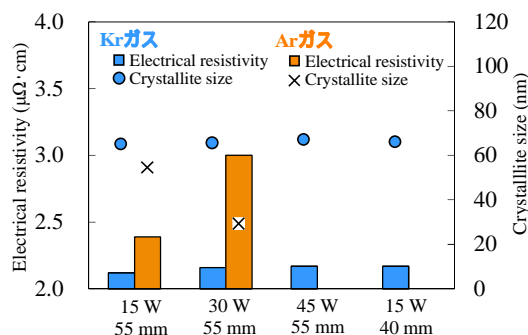


図1 異なる条件でKr及びAr中でスパッタ成膜した銀膜の電気抵抗率と結晶子径

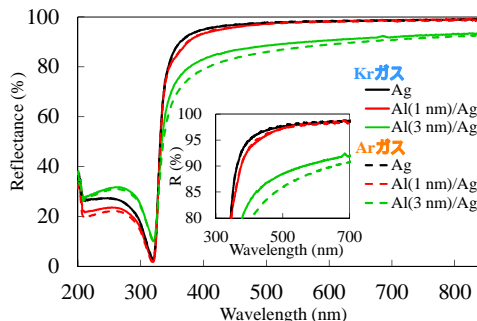


図2 Kr及びAr中でスパッタ成膜したAg膜及びAl/Ag膜の反射スペクトル

図 2 は両方のガスでスパッタ成膜した銀単層膜並びにアルミ積層銀膜の反射スペクトルを示している。銀単層膜及びアルミ(1 nm)積層膜ではどちらのスパッタガスを用いても、反射スペクトルは同一であった。従って、成膜ガスの影響は反射特性には現れないことが判明した。アルミ(3 nm)積層膜では単層膜や、アルミ(1 nm)積層膜に比べて、反射率が低下した。この理由は、反射率シミュレーションの結果より、アルミ(3 nm)積層膜においてはアルミ層が一部金属の状態で存在していると考えられ、その結果、反射率の低下をもたらしたと予想される。

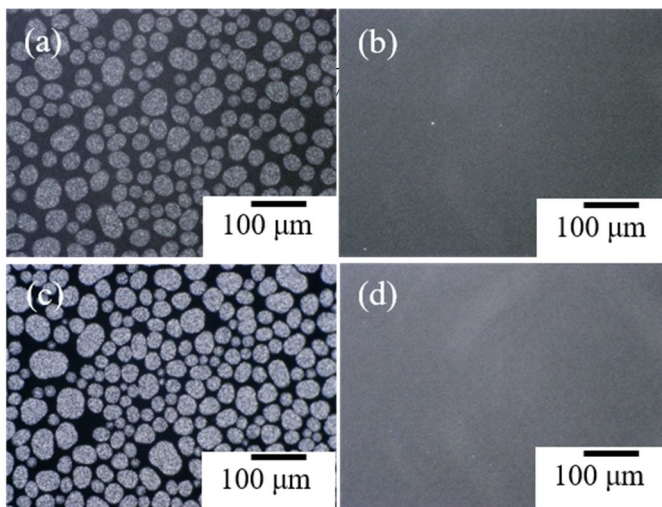


図 3 各試料の環境試験後の光学顕微鏡写真 (a) Ag 膜(Kr)、(b) Al/Ag 膜(Kr)、(c) Ag 膜(Ar)、(d) Al/Ag 膜(Ar)

図 3 は両方のガスでスパッタ成膜した銀単層膜及びアルミ(1 nm)積層膜の環境試験後の光学顕微鏡像である。銀は反射膜であるため、画像からハレーション除去しており、白く見える部分は表面が荒れて乱反射していることを示す。試験後、どちらのガスを用いた場合でも銀単層膜では凝集体が生じたものの、アルミ(1 nm)積層膜では凝集体の生成は確認されなかった。また、クリプトン、アルゴンどちらのガスを用いた場合も結果は同一であることが判明した。

図 4 はクリプトンガスでスパッタ成膜した銀単層膜及びアルミ(1 nm)積層膜の環境試験後の反射スペクトルである。環境試験後、銀単層膜は反射率が大きく低下したものの、アルミ(1 nm)積層膜は高い反射率を維持した。Ag 膜は凝集体生成により拡散反射の影響が大きくなったため、反射率が低下した。また、ガス種の違いによる環境耐性に差は見られなかった。

以上より、クリプトンガスでスパッタ成膜したアルミ(1 nm)積層銀膜は低い電気抵抗率、大きい結晶子径と高い反射率を有する環境耐性に優れた材料である。

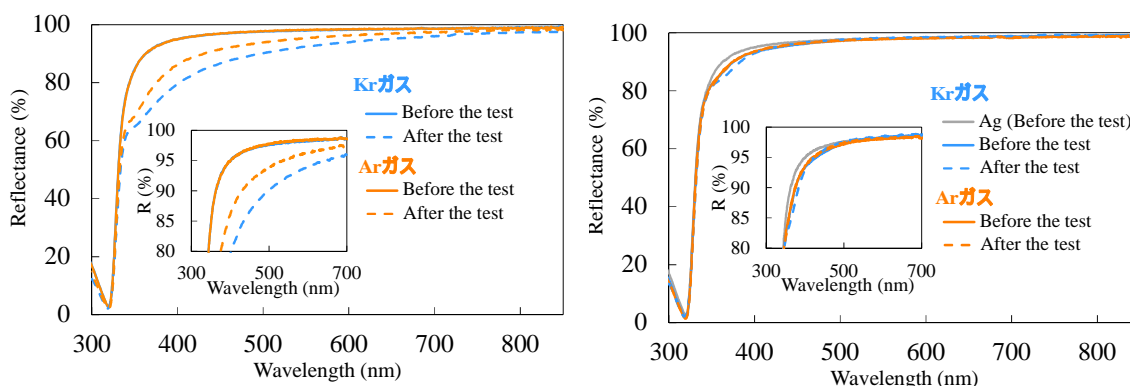


図 4 Kr 及び Ar 中でスパッタ成膜した Ag 膜 (左図) 及び Al/Ag 膜 (右図) の環境試験前後の反射スペクトル

## (2) アルミ表面層積層前における銀薄膜表面への水蒸気曝露の耐久性への影響

水蒸気を導入できるスパッタ装置を用いて、銀成膜直後の表面に大気中では不可分な水蒸気・酸素を各々暴露させ、アルミ表面層積層前の銀表面上の水・酸素の吸着が環境耐性に及ぼす影響を解明する。本研究で提案する実験環境では、大気中であれば、常に共存状態である酸素の役割、水の役割を切り分けて凝集現象に与える影響を明らかにできると思われ、メカニズムの解明に大きく貢献できると考える。ここでは、銀薄膜を水蒸気に曝した後で、アルミ層を積層した場合、保護効果がどのように変化するのか調査する。

成膜には前節とは異なる高周波/直流多元スパッタリング装置を用いた。銀薄膜の厚さは 150nm とし、高周波スパッタした。表面層のアルミの厚さは 1nm とし、より制御性の高い直流スパッタ成膜した。銀薄膜表面への水蒸気曝露は、成膜後、水蒸気を 5.0 ccm の流量で導入し、6.7Pa の圧力で維持した。本節で検討した試料は、図 5 にて示している。スパッタリング装置で銀薄膜を成膜後、そのまま 1 時間保持して装置から取り出した Ag 試料、水蒸気の曝露を 1 時間行ってから排気し、取り出した H<sub>2</sub>O-Ag 試料に加えて、2 時間水蒸気曝露した上に Al (1nm) ナノレイヤを積層した Al/H<sub>2</sub>O-Ag 試料、及びリファレンスとして、Ag 膜成膜後 2 時間真空状態を保持してから Al を成膜した Al/Ag 試料を作製し、取り出し後、すぐに大気中での環境試験を行っ



た。ここで、Ag 及び Al/Ag 試料は、通常の作製プロセスで得られる試料である。各試料について、前年度通りの手法で評価を行った。

まず最初に銀単層膜について比較した。その結果、 $H_2O$ -Ag は、Ag 試料よりも表面粗さが著しく増大することが判明した。したがって、水蒸気に曝露した履歴がその後での材料の劣化挙動に大きく影響することが確認できた。次に、アルミ表面層積層前の銀への水蒸気曝露の影響を比較した。図6にAFM像を示す。まず(a)、(b)の比較から、既に報告した結果と同様に、銀表面にアルミナノレイヤを積層することで、銀単層(a)表面の荒れを抑制すること

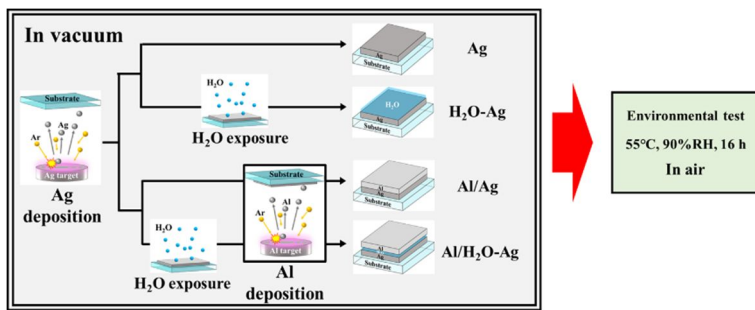


図5 作製した試料 (Ag,  $H_2O$ -Ag, Al/Ag, Al/ $H_2O$ -Ag)

とを再確認した(b)。この結果に対して水蒸気曝露した(c)は、各所に劣化初期と考えられる塊が発生していた。またこれらの試料のRMSは、銀では3.4 nm、Al/Agが0.7 nm、Al/ $H_2O$ -Agが1.9 nmであった。しかし注目すべき点として、Al/ $H_2O$ -Ag(c)は環境試験後であっても銀単層よりもある程度の平坦性を維持していることである。つまり、高温高湿度環境における銀の劣化を防ぐには、銀成膜から保護層の積層まで真空中で連続的に行うことが望ましいが、一度水蒸気に曝した銀表面に保護層を積層しても、保護層としての一定の凝集抑制効果があるといえる。各試料の正反射スペクトルは表面粗さの増加に対応して低下することが確認された。以上の結果は、銀薄膜を実用材料として用いる場合の保護層成膜において、有用な知見である。

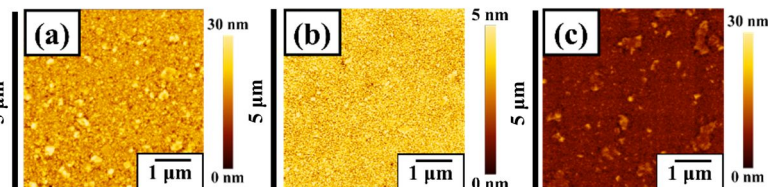


図6 試料のAFM像 (a) Ag, (b) Al/Ag, (c) Al/ $H_2O$ -Ag

### (3) 真空中での環境試験の銀表面形態に及ぼす影響

前節で、スパッタリング装置で成膜直後の銀薄膜表面に水蒸気を曝しただけでも表面が荒れることが判明した。しかし、成膜装置から取り出した瞬間に試料表面は空気中の酸素にも水蒸気に触れることになり、環境試験前や試験中の酸素の影響について切り分けることができない。そこで、成膜から環境試験まで一貫して制御した雰囲気を維持するために、環境試験を成膜装置中で行うことにした。

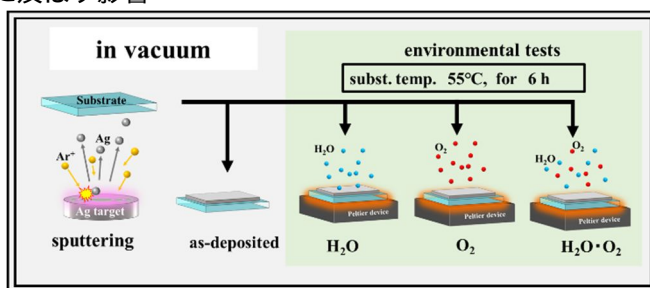


図7 作製した試料 (Ag,  $H_2O$ -Ag,  $O_2$ -Ag,  $H_2O \cdot O_2$ -Ag)

作製して比較した試料を図7に示す。スパッタリング装置で銀薄膜を成膜後に、引き続き水蒸気や酸素を導入し、水蒸気中、酸素中、水蒸気・酸素混合雰囲気中で基板温度55、6時間の環境試験を実施し、取り出した試料を分析した。水蒸気及び酸素の流量は合計5ccmで、圧力を6.7Pa一定とした。試料の名称をそれぞれ、 $H_2O$ -Ag、 $O_2$ -Ag、 $H_2O \cdot O_2$ -Agとする。

最も薄膜表面形態が荒れていたのは、 $H_2O \cdot O_2$ -Agで、次いで $H_2O$ -Agであった。 $O_2$ -Agは、成膜してすぐに取り出したAgと同程度の平坦さを維持していた。(a)、(b)、(c)、(d)のRMS粗さの値は、それぞれ1.0 nm、2.0 nm、1.1 nm、3.3 nmであった。表面観察のAFM像を解析し、グレイ

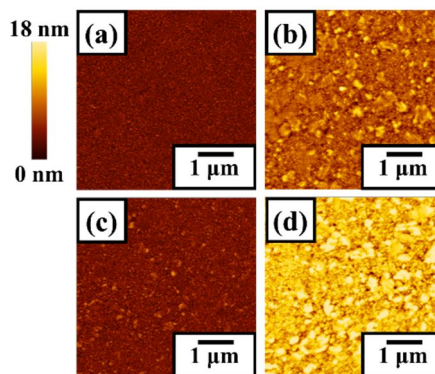


図8 試料のAFM像 (a) Ag, (b)  $H_2O$ -Ag, (c)  $O_2$ -Ag, (d)  $H_2O \cdot O_2$ -Ag)

インサイズの分布についても調査した結果からも、試料間で明確な違いが見られた。図9に試料の正反射スペクトルを示した。結果から分かるように、反射率の低下は、表面粗さの増大と対応していることが確認された。水蒸気のみよりも酸素との混合雰囲気の方が、表面粗さを増大させるという結果は、一般的な腐食でも見られる現象であるが、水蒸気圧力から推定して、銀膜表面

の水層は、極めて薄い状態であると考えられる。銀のイオン化傾向からも、水中の溶存酸素によって容易に酸化反応は生じないと考えられるので、銀がイオン化して水膜中を拡散し、表面の粗さを増大させるというプロセスではないものと予想している。一方、銀原子は容易に表面拡散する性質、即ち低い凝集エネルギーを特徴として有しており、それが、影響しているのではないかと推察する。

また、水蒸気のみよりも酸素との混合雰囲気の方が、表面粗さを増大させることから、これまで実施してきた大気中での高湿度下での環境試験においては、共存する酸素の影響も大きいことが判明した。

今回、真空中の環境試験での水蒸気圧は、一般的な湿度における大気中の水蒸気分圧(20℃、RH50%)より極めて低いにもかかわらず、曝露による表面粗さの増大を引き起こす点が注目に値すると思われる。これは、銀薄膜を保護層なしで装置から取り出すと、今回の水蒸気曝露よりもより大きな影響を及ぼすことを意味しており、アルミナノレイヤのような保護層の必要性を再確認した。

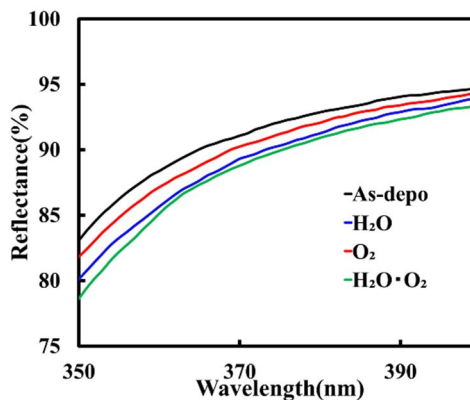


図9 各試料の反射スペクトル  
(Ag, H<sub>2</sub>O-Ag, O<sub>2</sub>-Ag, H<sub>2</sub>O·O<sub>2</sub>-Ag)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Sasaki, M. Kawamura, T. Kiba, Y. Abe, K. H. Kim, H. Murotani	4. 巻 506
2. 論文標題 Improved durability of Ag thin films under high humidity environment by deposition of surface Al nanolayer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Surf. Sci.	6. 最初と最後の頁 144929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2019.144929	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 R. Sagara, M. Kawamura, T. Kiba, Y. Abe, K. H. Kim	4. 巻 388
2. 論文標題 Characteristics of Ag thin films deposited in Ar and Kr gases under different gas pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Surf. Coat. Technol.	6. 最初と最後の頁 125616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2020.125616	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 M. Kawamura, R. Sagara, Y. Abe, T. Kiba, K. H. Kim	4. 巻 59
2. 論文標題 Large-grained Ag thin films with lower electrical resistivity produced by sputtering in Kr gas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 48001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab8027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T. Kitabayashi, T. Asashita, N. Satoh, T. Kiba, M. Kawamura, Y. Abe, K. H. Kim	4. 巻 699
2. 論文標題 Fabrication and Characterization of Microcavity Organic Light-Emitting Diode with CaF <sub>2</sub> /ZnS Distributed Bragg Reflector	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 137912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.137912	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 N. Iijima, M. Ugajin, T. Kiba, M. Kawamura, Y. Abe, K. H. Kim, A. Higo, J. Takayama, S. Hiura, A. Murayama	4. 巻 700
2. 論文標題 Size Dependence of Emission Enhancement of Tris(8-hydroxyquinolino) aluminum with Plasmonic Al Nanostructure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 137920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.137920	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Hamano, E. Kudo, M. Kawamura, T. Kiba, Y. Abe, K. H. Kim, H. Murotani,	4. 巻 704
2. 論文標題 Characteristics and environmental durability of Ag films with and without Al surface layer sputtered in Ar or Kr gas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 138020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.138020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Hirano, M. Kawamura, T. Kiba, Y. Abe, K. H. Kim, T. Hamano	4. 巻 393
2. 論文標題 Influence of an Aluminum Interlayer on the Optical Properties of a Very Thin Silver Film	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Surf. Coat. Technol.	6. 最初と最後の頁 125752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2020.125752	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroteru Ohara, Midori Kawamura, Yoshio Abe, Takayuki Kiba	4. 巻 -
2. 論文標題 Surface morphology of silver thin films exposed to water vapour and/or oxygen in vacuum	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of the IMF	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00202967.2022.2062922	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takayuki Kiba, Kazuaki Masui, Yuuki Inomata, Atsushi Furumoto, Midori Kawamura, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim	4. 巻 192
2. 論文標題 Control of localized surface plasmon resonance of Ag nanoparticles by changing its size and morphology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Vacuum	6. 最初と最後の頁 110432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.vacuum.2021.110432	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mai Ugajin, Soyoun Park, Takayuki Kiba, Junichi Takayama, Satoshi Hiura, Akihiro Murayama, Midori Kawamura, Yoshio Abe	4. 巻 435
2. 論文標題 Optical characterization and emission enhancement property of Ag nanomesh structure fabricated by nanosphere lithography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Surf. Coat. Technol.	6. 最初と最後の頁 128258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2022.128258	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Midori Kawamura
2. 発表標題 Improved stability of Ag thin films by utilizing Al nanolayers
3. 学会等名 6th Japan-Korea International Symposium on, Materials Science and Technology 2019 (JKMST2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eita Kudo, Midori Kawamura, Takayuki Kiba, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim, Hiroshi Murotani
2. 発表標題 Passivation of reflective silver thin films by surface nanolayers
3. 学会等名 International Vacuum Congress (IVC-21) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Midori Kawamura, Eita Kudo, Yuya Sasaki, Takayuki Kiba, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim, Hiroshi Murotani
2. 発表標題 Extremely thin protective oxide layer for reflective silver thin films
3. 学会等名 AVS 66th International Symposium & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Sagara, Midori Kawamura, Takayuki Kiba, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim
2. 発表標題 Comparison of characteristics of Ag thin films deposited in different sputtering gases
3. 学会等名 TACT2019 International Thin Films Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Hamano, Eita Kudo, Midori Kawamura, Takayuki Kiba, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim, Hiroshi Murotani
2. 発表標題 Comparison of Ag and Al/Ag films deposited in different gases
3. 学会等名 TACT2019 International Thin Films Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Sasaki, Midori Kawamura, Takayuki Kiba, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim, Mai Hayamizu, Hiroshi Murotani
2. 発表標題 Effect of aluminum surface layer on silver thin film at environmental test under various humidity conditions
3. 学会等名 TACT2019 International Thin Films Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木祐弥、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬、室谷裕志
2. 発表標題 アルミ積層銀薄膜の高温高湿下における耐久性
3. 学会等名 2019年度日本金属学会・日本鉄鋼協会両北海道支部合同サマーセッション
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木祐弥、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬、速水 舞、室谷裕志
2. 発表標題 複数の高温高湿条件で試験を行ったアルミ積層銀薄膜の耐久性
3. 学会等名 表面技術協会 第140回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱野 剛志、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬、室谷裕志
2. 発表標題 異なるガス種で成膜した高安定銀薄膜の特性比較
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木祐弥、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬、速水 舞、室谷裕志
2. 発表標題 高温高湿下でのアルミ積層銀薄膜の環境耐久性
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相良僚佑、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬
2. 発表標題 Krガス圧を変化させてスパッタしたAg薄膜の比較
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryouto Atsuya, Takuya Hirano, Midori Kawamura, Takayuki Kiba, Yoshio Abe, Kyung Ho Kim
2. 発表標題 Optical properties of very thin Ag films deposited on Al interlayer
3. 学会等名 18th International Conference on Thin Films & 18th Joint Vacuum Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大原碩耀、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬
2. 発表標題 成膜前後に水蒸気曝露した銀薄膜の高温高湿度下での凝集挙動
3. 学会等名 表面技術協会 第142回講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大原優作、川村みどり、木場隆之、阿部良夫、金 敬鎬
2. 発表標題 各層でスパッタガスを変えて作製したAl/Ag膜の特性評価
3. 学会等名 2020年 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大原 将、木場隆之、川村みどり、阿部良夫、金 敬鎬
2. 発表標題 金属/誘電体/金属積層膜を電極に用いたOLED の作製と特性
3. 学会等名 2020年 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大原碩耀、川村みどり、阿部良夫、木場隆之
2. 発表標題 銀薄膜の表面形態に及ぼす真空中での水蒸気及び酸素曝露の影響
3. 学会等名 表面技術協会第144回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大原碩耀、川村みどり、阿部良夫、木場隆之、室谷裕志
2. 発表標題 水蒸気曝露後の銀薄膜に積層したアルミ表面層による凝集抑制効果
3. 学会等名 表面技術協会第145回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 極薄Ag膜の特性に及ぼすAl界面層とスパッタガスの影響
2. 発表標題 森 日々輝、大倉 虎太郎、川村 みどり、木場 隆之、阿部 良夫
3. 学会等名 2022年第62回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川村みどり
2. 発表標題 表界面ナノレイヤを活用した高安定・高性能銀薄膜の開発
3. 学会等名 令和3年度腐食防食学会北海道支部・表面技術協会北海道支部特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroteru Ohara, Midori Kawamura, Yoshio Abe, Takayuki Kiba
2. 発表標題 Surface morphology of silver thin films exposed to water vapor and/or oxygen in vacuum
3. 学会等名 INTERFINISH2020（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ohara, M.Kawamura, Y. Abe, T. Kiba
2. 発表標題 Influence of exposure to water vapor in vacuum on agglomeration of Ag thin films
3. 学会等名 International Thin Film Conference TACT2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Ugajin, S. Park, T. Kiba, M. Kawamura, Y. Abe, J. Takayama, S. Hiura, A. Murayama
2. 発表標題 Time-resolved Photoluminescence Study of Alq3 in the presence of Ag Nanomesh Structure
3. 学会等名 International Thin Film Conference TACT2021（国際学会）
4. 発表年 2021年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	阿部 良夫 (Abe Yoshio) (20261399)	北見工業大学・工学部・教授  (10106)	
研究分担者	木場 隆之 (Kiba Takayuki) (40567236)	北見工業大学・工学部・准教授  (10106)	
研究分担者	室谷 裕志 (Murotani Hiroshi) (70366079)	東海大学・工学部・教授  (32644)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------