

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：82718

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05747

研究課題名(和文) ガラス表面に複雑な形状のナノパターンを形成できる熱ナノインプリント用金型の開発

研究課題名(英文) Development of mold for thermal nanoimprinting capable of forming nano pattern of complicated shape on glass surface

研究代表者

安井 学 (Yasui, Manabu)

地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所・電子技術部・主任研究員

研究者番号：80426361

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々は離型性に優れるNi-Wめっきを用いて、モスアイ構造を形成したNi-W金型を試作した。そして、プラズモン共鳴を利用した受光素子にアルミナノホールが検討されているため、Ni-W金型を用いたアルミナノインプリントを検討した。その結果、室温で純アルミニウム板表面にナノホールを形成できた。必要な圧力は100MPaであった。熱可塑性樹脂を対象とした熱ナノインプリントに比べて、アルミナノインプリントの圧力は10倍以上大きく、圧力を下げることが課題である。
なお、熱ナノインプリントにより反りの大きいNi-W金型は脆化し、割れる可能性が高い。そのため、我々はガラスを対象とした熱ナノインプリントを中止した。

研究成果の概要(英文)：We fabricated a Ni-W mold with a moth-eye structure using Ni-W plating with excellent releasability. Since aluminum nano-holes have been studied as a light receiving element utilizing plasmon resonance, we have studied aluminum nanoimprinting using a Ni-W mold. As a result, nanoholes could be formed on the surface of the pure aluminum plate at room temperature. The required pressure was 100 MPa. Compared to thermal nanoimprint for thermoplastic resin, the pressure of aluminum nanoimprint is more than 10 times greater, and it is a task to lower the pressure. In addition, Ni-W molds with large warpage due to thermal nanoimprint embrittles and has a high possibility of cracking. Therefore, we stopped thermal nanoimprint for glass.

研究分野：工学

キーワード：Ni-W金型 ナノインプリント ガラス めっき アルミニウム

1. 研究開始当初の背景

光学部品の表面にナノ周期構造を形成することにより、蛍光灯などの映り込みがないテレビや太陽光発電の効率の向上、太陽光などにカメラレンズを向けた時に写真全体が白みを帯びるフレアなどを抑制する無反射構造体が得られる。一般的には紫外線硬化樹脂を使用するが、耐候性や耐久性の面からガラス表面自体に無反射構造体を形成することが試みられている。しかし、ガラスを対象とした熱ナノインプリントでは、600℃付近の耐熱性が求められるため、実用に耐えうる金型材料は研究段階である。

そこで、申請者は電鍍技術により大面積でナノサイズのパターンを形成した金型が得られる可能性を持つ Ni-W めっき膜に着目し、ガラス表面に複雑な形状のナノパターンを形成できる熱ナノインプリント用金型の開発に取り組んだ。

2. 研究の目的

これまでに、ガラスに対して優れた離型性を示す Ni-W めっき膜がガラス熱ナノインプリント用金型材料に利用できる可能性を示し、W 基板上に矩形の単純な Ni-W 製ナノパターンを形成できることを確認している。

本研究は、ガラス表面に複雑な形状を有するナノパターンを熱ナノインプリントするために、Ni-W めっきを用いた Ni-W ナノパターンの形成とその支持体となる Ni-W 薄板からなる Ni-W 金型を開発し、実際にガラス熱ナノインプリントへ適用することを目的とする。具体的な研究項目は、以下の3点である。

Ni-W めっきを用いた Ni-W 薄板形成技術の開発

Ni-W ナノパターンと Ni-W 薄板からなる Ni-W 金型の開発

Ni-W 金型を用いたガラス熱ナノインプリントの実施と評価

3. 研究の方法

備品として購入したパルス電源を用いて、亀裂が発生せず、厚付けが可能なパルス周波数を検討する。そして、Ni-W 薄板の形成を検討する。

原版はナノ周期構造を形成した樹脂フィルム上に Ni を蒸着して作製する。原版に Ni-W めっきを行い、Ni-W 金型を試作する。Ni-W 金型を用いて、ガラスもしくはアルミニウムにナノインプリントを行う。

4. 研究成果

図1に示すように0.5kHzのパルス電流では亀裂と剥離が生じた。一方で、図2に示すように5kHzのパルス電流ではノジュールが生じたが亀裂を抑制できた。これより、パルス電流の周波数を上げることは Ni-W 膜の亀裂を抑制することに有効であると考えられる。

ナノ周期構造を形成した樹脂フィルム上に Ni を蒸着し、さらに Ni-W めっきを行った結果、図3に示すように Ni-W 膜の一部に構造色を示すナノ周期構造を形成できたが、Ni-W 膜の内部応力が大きく、樹脂フィルムから Ni 導電層と Ni-W 膜が剥離してしまった。そこで、原版を Ni 製原版に変更し、Ni-W めっきを行った結果、図4に示すように厚み 78μm の Ni-W 金型の試作できた。しかし、めっき膜に異常析出や反りが生じたため、更なる改善が必要である。

ガラスを対象とした熱ナノインプリントにおける加熱により、Ni-W 金型の反りと脆化により Ni-W 金型が割れる可能性があったため、インプリント対象をガラスからアルミニウムに変更してナノインプリントを実施した。圧力は 100MPa、保持時間は1分であった。温度は室温であった。その結果、図5に示すようにアルミニウム板上にナノ周期構造を転写できた。めっきを用いて制作した金型が金属を対象としたナノインプリントに使用できることを示すことができた。樹脂を対象としたナノインプリントの圧力は5~10MPaである。これに対して、アルミニウムを対象としたナノインプリントの圧力は100MPaであり、非常に高圧であるため、圧力を下げる必要がある。

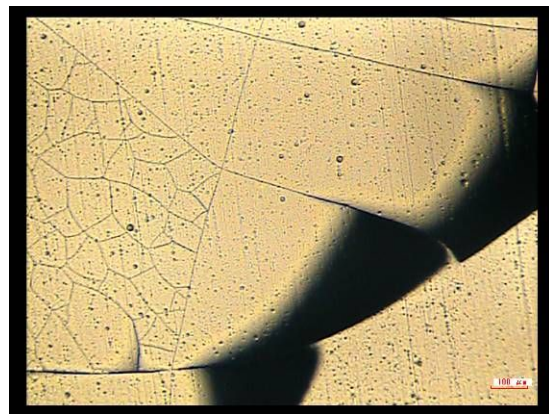


図1 0.5kHz で形成した Ni-W 膜

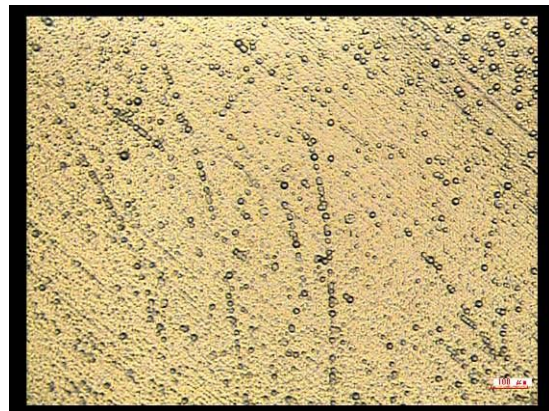


図2 5kHz で形成した Ni-W 膜

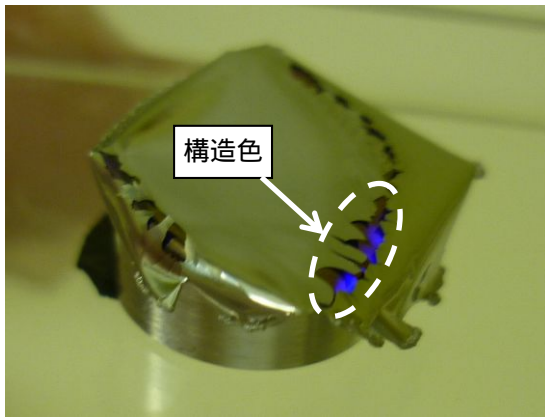


図3 樹脂フィルム原版を用いた Ni-W 膜



図4 Ni 原版を用いた Ni-W 膜

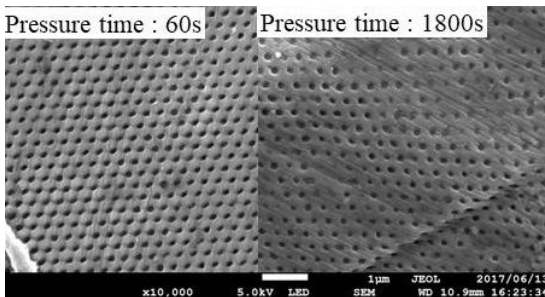


図5 アルミニウム板上に転写したナノ周期構造(Isplasma2018, 05P58, Copyright 2018 The Japan Society of Applied Physics).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

M. Yasui, S. Kaneko, M. Kurouchi, H. Ito, T. Ozawa, and M. Arai : Formation of highly planarized Ni-W electrodeposits for glass imprinting mold, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, Vol.56, 01AB04 (2017).

DOI: 10.7567/JJAP.56.01AB04

M. Yasui, S. Kaneko, M. Kurouchi, H. Ito, T. Ozawa and M. Arai : Effect of metal ion concentration in Ni-W plating solution on surface roughness of Ni-W film, Japanese

Journal of Applied Physics, 査読有, Vol. 55, 01AA22 (2016).

DOI: 10.7567/JJAP.55.01AA22

M. Yasui, S. Kaneko, M. Takahashi, T. Sano, Y. Hirabayashi, T. Ozawa, and R. Maeda: Micro Imprinting for Al Alloy Using Ni-W Electroformed Mold, Int. J. of Automation Technology, 査読有, Vol.9, No.6, 674-677 (2015).

DOI: 10.20965/ijat.2015.p0674

〔学会発表〕(計10件)

M. Yasui, S. Yasaka, S. Kaneko, M. Kurouchi, H. Ito, M. Arai : Aluminum nano dot pattern formation with Ni-W nano electroformed mold, Isplasma2018, 05P58 (2018).

M. Yasui, S. Kaneko, M. Kurouchi, H. Ito, M. Arai : Ni-W film Processing with Pulse Plating, 電子材料研究会, EFM-17-44 (2017).

安井学, 中野一史, 黒内正仁, 川野伸一, 金子智 : 添加剤を加えたN-メチル-2-ピロリドンによるSU8の剥離, 第8回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 31am3-PN-35(2017).

M. Yasui, S. Kaneko, M. Kurouchi, T. Ozawa : Ni-W Mold for Moth-eye Structure on Inorganic Material, IUMRS-ICAM 2017, C1-P31-011(2017).

M. Yasui, S. Kaneko, M. Kurouchi, H. Ito, T. Ozawa, M. Arai : Ni-W thick film processing with higher frequency of pulse plating, Isplasma2017, 04P78 (2017).

M. Yasui, H. Nakano, M. Kurouchi, T. Ozawa, S. Kawano and S. Kaneko : Removal of SU8 with N-Methyl-2-Pyrrolidone Doping LiCl and H₂O, 29th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2016), 11P-11-4 (2016).

安井学, 黒内正仁, 金子智, 伊藤寛明, 小沢武, 荒井政大 : めっき液中の金属濃度がインプリント金型用Ni-W膜に与える影響, 日本機械学会2016年度年次大会, J2240202 (2016).

M. Yasui, S. Kaneko, M. Kurouchi, H. Ito, T. Ozawa and M. Arai : Effect of metal concentration in Ni-W bath on Ni-W alloy film, ISPlasma 2016, 09P70 (2016).

安井学, 金子智, 黒内正仁, 小沢武, 伊藤寛明, 荒井政大 : 熱インプリント用金型材料としてのNi-W膜の組成・結晶構造に関する研究, 第23回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2015), 511(2015).

安井学, 金子智, 黒内正仁, 伊藤寛明, 小沢武, 荒井政大 : 金属イオン濃度がNi-W めっき膜の平坦性に与える影響に関する一考察, 日本機械学会2015年度年次大会, J2220205 (2015).

6. 研究組織

(1)研究代表者

安井 学 (Manabu, Yasui)
(地独)神奈川県立産業技術総合研究所・
電子技術部電子材料グループ・主任研究員
研究者番号: 80426361

(3)連携研究者

荒井 政大 (Masahiro, Arai)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 30260532

伊藤 寛明 (Hiroaki, Ito)
近畿大学・工学部・講師
研究者番号: 70534981

(4)研究協力者

金子 智 (Satoru, Kaneko)
(地独)神奈川県立産業技術総合研究所・
電子技術部電子材料グループ・グループリ
ーダ
研究者番号: 40426359

黒内 正仁 (Masahito, Kurouchi)
(地独)神奈川県立産業技術総合研究所・
電子技術部電子材料グループ・主任研究員
研究者番号: 10452187