

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18560350
 研究課題名（和文）：ナノインプリントとナノメッキを融合した微小デバイス一体型積層基板に関する研究
 研究課題名（英文）：Compound Nanoimprint Processes and Their Applications for Functional Nanodevices
 研究代表者
 水野 潤（MIZUNO, Jun）
 早稲田大学・ナノ理工学研究機構・准教授
 研究者番号：60386737

研究成果の概要：

高分子材料を基板として、ナノインプリント技術で溝構造の作製、ナノメッキ技術で樹脂上に配線パターンを形成し、そして最終的にプラズマ、エキシマ UV による表面親水化技術によって、溝構造と配線パターンをもつ基板同士を、流路変形の無い低温接合技術で、3次元構造を持つ流路デバイスとして作製することに成功した。本研究の成果は医療・化学分析チップ作製に必要な基礎技術を確立することができたと言える。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,500,000	0	1,500,000
2007 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	600,000	4,100,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス、電子機器

キーワード：ナノデバイス造形、MEMS、マイクロファブリケーション、ナノ構造化学、電気化学、ナノインプリント、ナノメッキ

1. 研究開始当初の背景

現在モバイル機器などの小型化により 0.402 サイズの部品が使用され始めている。その為、マウンタ等に要求される精度は非常に厳しくなっている。（数十ミクロン単位）又、鉛フリー半田の導入により、半田上では搭載後の部品保持力が小さくなっている。これらから発生する諸問題に対する要求を満たすため、マウンタメーカー等は、機器の

精度を上げ、又、各種の工夫をし、要求に応えるべく努力している。

しかし、今後さらなる部品の小型化/基板の積層化が進んだ場合、従来の方法論ではいずれ立ち行かなくなる事が想像される。このために、部品埋め込み型多層 PCB や、積層型ハイブリッド IC 技術など、いくつかの技術開発が行われているが、基本的には従来の多層プリント基板技術の延長上にあり、本提案の様に方法論から変えていくものは現在の

ところ見あたらない。最近、MEMSテクノロジーを用いて、スルーホールを開ける試み等が発表されているが、積層基板への応用という観点には立っていない。

2. 研究の目的

本研究では、高分子材料を基板として、ナノインプリンティング技術及びナノメッキ技術により、実装デバイス埋め込み用溝及びサブミクロンオーダーでの配線が形成された基板を製作し、この基板を、プラズマ等による表面活性化の手法を用いた低温減圧接合によって多層化して、デバイス埋め込み型積層基板を構築するための要素技術を確立する事を目的とする。

3. 研究の方法

研究分担者の齋藤とは、3次元微細構造形成およびその表面制御で共同研究の実績を上げている。本研究計画では、主担当者である水野がインプリンティング関連及びシステム化に関する研究を行い、研究分担者である齋藤が、ナノメッキ関連に関する研究を行う。

(1) フォトリソグラフィ及びエンボス技術の開発: 水野

仕様として、金属薄膜との密着性が良く、光学特性も良く、有機薬品耐性に強く更にバイオ応用にも適した樹脂材を選択する。樹脂基板へ金属薄膜を直接パターンニングし、エンボスで基板表面へ平坦化し、接合強度を評価する。

(2) ナノスケール金型の作成: 齋藤

ナノメッキ技術を用いて、エンボス用金型の開発を行う。

(3) 微小貫通孔埋め込みメッキ: 齋藤

樹脂基板（透明）の表と裏側で一番短い距離で電気導通をとるために、電解メッキ（電解パルスメッキ）法を開発し、貫通孔部を隙間無く、中に空洞ができないように埋め込む。

(4) ダイレクトボンディング: 水野

室温で接着剤を使わずに貼り合わせることが出来るよう、以下の技術を開発する。

プラズマ照射法

プラズマをプラスチック基板表面に照射して表面を活性化させ、直接接合を行う。プラズマ発生時のガス種類、圧力、出力（Power）及びRF周波数を変えて貼り合わせ、接合力を定量的に評価する。

エキシマ照射法

エキシマUVをプラスチック基板表面に

照射して表面を活性化させ、直接接合を行う。

(5) 積層接合技術: 水野

上記で作製した基板に同様の基板を貼り合わせる。(4)で開発した技術で貼り合わせ、接合強度、接合による反り及び応力を評価する。

(6) トータルプロセスの構築及び応用デバイスの開発: 水野・齋藤

上記(1) - (5)までで確定された各工程を統合してTOTALプロセスを行い、センサシステムを構築し、化学分析センシングシステム、バイオ計測システム等への応用のための基礎検討を行う。

4. 研究成果

下図に示すように、凸部の側面及び上面が鏡面に近い金型をシリコンで作製することに成功し、エンボス技術を確立し、マイクロ流路を作製することができた。

流路部と蓋部を一体化したチップにするために、接着剤を用いない、プラズマによる表面活性化技術を確立し、流路断面が変形のない低温接合技術を構築することができた。

流路先端部に電極及び配線を形成するために必要なメッキ技術を確立することが出来た。以下に一例を示す。

図1に作製プロセス、図2に完成したマイクロ流路チップを表す。

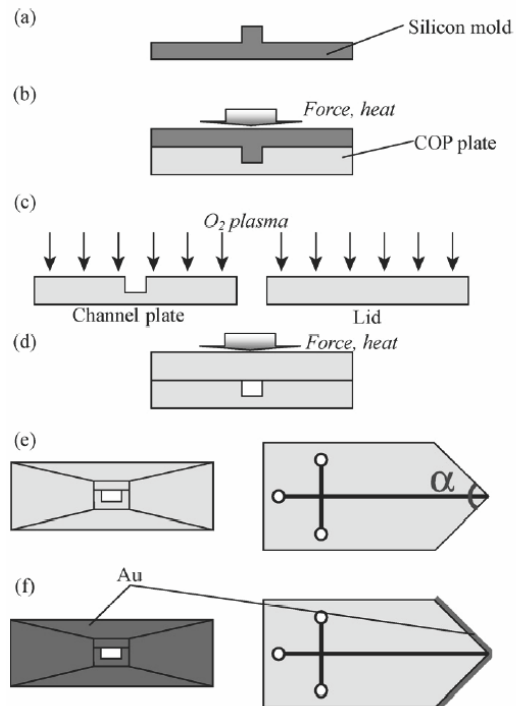


図1 作製プロセス

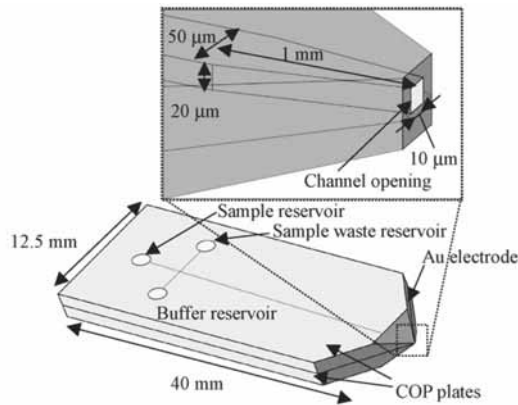


図2 完成したマイクロ流路チップ

樹脂基板のガラス転移温度以下で接合が可能であることを確認した。

以上の成果から、デバイス埋め込み型積層基板を作製するための要素技術を構築することができたと言える。

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 10 件)

(1)Hidetoshi Shinohara, Makoto Fukuhara, Tamano Hirasawa, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, “Fabrication of Magnetic Nanodots Array Using UV Nanoimprint Lithography and Electrodeposition for High Density Patterned Media”, Journal of Photopolymer Science and Technology, Vol. 21, No. 4, 2008, pp.591-596

(2)H.Shinohara, Y.Takahashi, J.Mizuno, S.Shoji, “Surface hydrophilic treatment of polyurea film realized by vacuum ultraviolet light irradiation and its application for poly (methylmethacrylate) blood analysis chip”, Sensors and Actuators B 132 (2008) 374 379

(3) Hidetoshi Shinohara, Takafumi Suzuki, Fumihiko Kitagawa, Jun Mizuno, Koji Otsuka, Shuichi Shoji, “Polymer microchip integrated with nano-electrospray tip for electrophoresis–mass spectrometry”, Sensors and Actuators B 132 (2008) 368–373

(4) Hiroshi Ono, Yoshinobu Ono, Kenji Kasahara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, “Fabrication of High Light-Extraction Efficiency Light-Emitting Diodes Using Nanostructures by Ultraviolet Nanoimprint Lithography and Electrodeposition”, Japanese Journal of

Applied Physics, Vol.47, No.2, 2008, pp933-935

(5) Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, “Fabrication of microchannel Device by Hot Embossing and Direct Bonding of poly(methyl methacrylate)”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.46, No.6A, 2007, pp.3661-3664

(6)Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, “Low-temperature Direct Bonding of poly(methyl methacrylate) for polymer Microchips”, TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING IEEJ Trans 2007; 2: pp.301-306

(7) Yoshitaka Shirasaki, Hirokazu Sugino, Masayasu Tatsuoka, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, and Takashi Funatsu, “On-chip Cell Sorting System Using Thermoreversible Gelation Polymer”, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, VOL.13, NO.2, MARCH/APRIL.2007, pp.223-227

(8) Makoto Fukuhara, Jun Mizuno, Mikiko Saito, Takayuki Homma, Shuichi Shoji, “Fabrication of Metallic Nanopatterns Using the Vacuum Type UV-NIL”, TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING IEEJ Trans 2007; 2: pp.307-312

(9) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: High Performance Electrophoretic Analysis on Cycloolefin Polymer Microchips, In Micro Total Analysis Systems 2006, Kitamori, T.; Fujita, H.; Hasebe, S. Eds.; Society for Chemistry and Micro-Nano Systems: Tokyo, (2006) Vol. 1, pp. 362–364.

(10) 西泰治, 萩原清道, 福田始弘, 木下藤寿, 伊藤克之, 菊池佑二, 庄子習一, 水野潤, 篠原秀敏, “アクリル製マイクロチャンネルアレイを用いた血液通過時間の再現性の検討”, 日本ヘモレオロジー学会, 2006年9月, 9巻2号

〔学会発表〕(計 35 件)

(1) Akira Saeki, Chiaki Aoyama, Yoshitaka Shirasaki, Makoto Tsunoda, Jun Mizuno, Takashi Funatsu, Shuichi Shoji, “The long pillar array column with the low-dispersion curve for liquid chromatography”, 8th International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM 2008), Kyoto, Japan; 07-08 December 2008.

(2) Fumihiko Kitagawa, Kei Kubota,

Hidetoshi Shinohara, Yoshikazu Takahashi, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka, "Electrophoretic analyses of biogenic compounds using surface modified polymer microchips", 8th International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM 2008), Kyoto, Japan; 07-08 December 2008.

(3) Fumihiko Kitagawa, Kei Kubota, Hidetoshi Shinohara, Yoshikazu Takahashi, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka, "Electrophoretic analyses of biogenic compounds using surface modified polymer microchips", The 33rd International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC2008 Kyoto), Kyoto Univ., Kyoto, Japan; 02-05 December 2008.

(4) Mikiko Saito, Jun Mizuno, Hideo Nishikubo, Hidemichi Fujiwara, and Takayuki Homma, "Preparation of Electrodeposited Pt Nano Patterned Electrode using UV-Nano Imprinting Lithography", 214th Meeting of the Electrochemical Society, 2008 (ECS2008), A2, pp337

(5) Hideo Nishikubo, Hidemichi Fujiwara, Mikiko Saito, Jun Mizuno and Takayuki Homma, "Electrochemical Synthesis of Metal Nano Particles Using Electrodeposited Pt Electrode with Nano Patterned Surface", 214th Meeting of the Electrochemical Society, 2008 (ECS2008), A2, pp336

(6) Takanari Ouchi, Yuki Arikawa, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Takayuki Homma, "Electrochemical Fabrication of CoPt Nanodot Arrays on Glass Disks by UV Nanoimprint Lithography", 214th Meeting of the Electrochemical Society, 2008 (ECS2008), F4, pp2571

(7) Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, "HIGH-THORGHPUT NANO-METAL PATTERNING PROCESS USING UV NANOIMPRINT LITHOGRAPHY AND ELECTRODEPOSITION", The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (NNT2008), Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan October 13-15, 2008, pp148-149

(8) Hidetoshi Shinohara, Fumihiko Kitagawa, Jun Mizuno, Koji Otsuka and Shuichi Shoji, "HIGHLY STABLE AND REPRODUCIBLE CYCLO-OLEFIN POLYMER NANO-ELECTROSPRAY TIP

FOR ELECTROPHORESIS-MASS SPECTROMETRY", Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology 2008 (APCOT2008), TAYIH Landis Hotel, Tainan, Taiwan National Cheng Kung University, June22-25,2008,pp219

(9) Katsuyuki Sakuma, Hiroshi Ono, Noriyasu Nagai, Mikiko Saito, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, "A NEW FINE-PITCH VERTICAL INTERCONNECTION PROCESS FOR THROUGH SILICON VIAS AND MICROBUMPS", Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology 2008 (APCOT2008), TAYIH Landis Hotel, Tainan, Taiwan National Cheng Kung University, June22-25, 2008,pp47

(10) Hirokazu Kurotaki, Hidetoshi Shinohara, Hiroshi Kobayashi, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, "Study of Low-temperature Wafer Bonding with Au-Au Bonding Technique", proceeding of MicroNano2008, June 3-5,2008, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong,pp70064.

(11) H. Shinohara, Y. Takahashi, J. Mizuno, S. Shoji, "POST-HYDROPHILIC TREATMENT FREE PLASTIC BIOCHIP FABRICATION METHOD USING POLYUREA FILM", MEMS2008, Tucson, AZ., USA, January; 13-17, 2008, pp367-370.

(12) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: Application of cycloolefin polymer chip directly integrated with an electronanospray tip to electrophoretic separation and mass spectrometric detection, 11th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (u-TAS 2007), Paris, France; 7-11 October 2007

(13) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: Application of cycloolefin polymer chip directly integrated with an electronanospray tip to electrophoretic separation and mass spectrometric detection, 11th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (u-TAS 2007), Paris, France; 7-11 October 2007

(14) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: Electrophoretic separation and mass spectrometric detection on polymer chip directly

integrated with an electron spray tip, 1st Shenyang International Colloquium on Microfluidics (SICOM I), Shenyang, China; 21-24 October 2007

(15) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: Electrophoretic separation and mass spectrometric detection on polymer chip directly integrated with a nano ESI tip, 7th International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM 2007), Tsukuba, Ibaraki, Japan; 29-30 October 2007

(16) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: Microchip electrophoresis-mass spectrometry on polymer microfluidic device directly integrated with a nano ESI tip, 7th Asia-Pacific International Symposium on Microscale Separations and Analysis (APCE 2007), Singapore International Convention & Exhibition Centre, Singapore; 16-19 December 2007

(17) Kitagawa, F.; Suzuki, T.; Shinohara, H.; Mizuno, J.; Shoji, S.; Otsuka, K.: Application of Cycloolefin Polymer Chip Directly Integrated with an Electron Spray Tip to Electrophoretic Separation and Mass Spectrometric Detection, In Micro Total Analysis Systems 2007, Viovy, J.-L.; Tabeling, P.; Descroix, S.; Malaquin, L. Eds.; Chemical and Biological Microsystems Society: San Diego, (2007) Vol. 2, pp. 1405-1407

(18) T. Suzuki, F. Kitagawa, H. Shinohara, J. Mizuno, K. Otsuka, and S. Shoji, "POLYMER MICROCHIP FOR ELECTROPHORESIS-MASS SPECTROMETRY FABRICATED BY HOT EMBOSsing AND LOW TEMPERATURE DIRECT BONDING", The 14th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Lyon, France, June 10-14, 2007, 3EA13.P, pp.1617-1620

(19) H. Shinohara, Y. Takahashi, T. Nishi, K. Uemura, C. Takahashi, J. Mizuno and S. Shoji, "SURFACE HYDROPHILIC POLYUREA FILM FOR PMMA BLOOD ANALYSIS CHIP REALIZED BY VACUUM ULTRAVIOLET LIGHT IRRADIATION", The 14th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Lyon, France, June 10-14, 2007, 2C1.2: pp.291-294

(20) Hiroshi Ono, Shuichi Shoji, Mikiko Saito, Jun Mizuno, "Fabrication of Multilayer Interconnection Using Ultraviolet Nanoimprint Lithography", 4th International Conference on Networked Sensing Systems, INSS 2007 6 - 8 June 2007 in Braunschweig, Germany, pp130-133.

(21) Fumihiko Kitagawa*, Takafumi Suzuki, Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: Fabrication of integrated nano ESI tip for microchip electrophoresis-mass spectrometry, 21st International Symposium on Microscale Bioseparations (MSB 2007), Vancouver, Canada; 14-18 January 2007, pp277

(22) Fumihiko Kitagawa*, Takafumi Suzuki, Jun Mizuno, Shuichi Shoji, Koji Otsuka: High performance electrophoretic analysis on cycloolefin polymer microchips, 6th Asia-Pacific International Symposium on Microscale Separations and Analysis (APCE 2006), Kyoto, Japan; 12-14 November 2006, pp80

(23) Hidetoshi Shinohara, Jun Mizuno, Fumihiko Kitagawa, Koji Otsuka and Shuichi Shoji, " FABRICATION OF HIGHLY DIMENSION CONTROLLED PMMA MICROCHIP BY HOT EMBOSsing AND LOW TEMPERATURE DIRECT BONDING", The 10th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (uTAS2006), TOKYO, 5-9, November, 2006, p p158-160

(24) Fumihiko Kitagawa, Takafumi Suzuki, Jun Mizuno, Shuichi Shoji and Koji Otsuka, " HIGH PERFORMANCE ELECTROPHORETIC ANALYSIS ON CYCLOOLEFIN POLYMER MICROCHIPS", The 10th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (uTAS2006), TOKYO, 5-9, November, 2006, p p362-364

(25) Hiroshi Ono, Yoshinobu Ono, Kenji Kasahara, Jun Mizuno and Shuichi Shoji, " Fabrication of High Light-Extraction Efficiency LED Using Nanostructures by UV Nanoimprint Lithography and Electrodeposition", SSDM2006, Yokohama, 14-16, September

(26) H. Kurotaki, H. Shinohara, H. Ishida, V. Dragoi, T. Glinsner, O. Lindner, J. Mizuno, S. Shoji, "Equipments and Technologies for Packaging of Nano / Micro-structured Polymer Applications", COMS2006, Florida,

(27) H. SHINOHARA, M. ISHIZUKA, J. MIZUNO AND S. SHOJI, "LOW TEMPERATURE DIRECT BONDING OF PMMA FOR POLYMER MICROCHIPS", Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology, Singapore, 25-28, June, 2006, 95-FT-A0062

(28) MAKOTO FUKUHARA, MIKIKO SAITO, TAKAYUKI HOMMA, JUN MIZUNO, SHUICHI SHOJI, MAKOTO OHTAGUCHI, TAMANO HIRASAWA, GAKU SUZUKI, NORIHITO FUKUGAMI, "FABRICATION OF METALLIC NANOPATTERNS USING THE VACUUM TYPE UV-NIL EQUIPMENT", Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology, Singapore, 25-28, June, 2006, 95-FT-A0144

(29) 北川文彦, 久保田圭, 篠原秀敏, 高橋善和, 水野潤, 庄子習一, 大塚浩二, "表面修飾ポリマーマイクロチップを用いる生体試料の電気泳動分析 2", 第 19 回クロマトグラフィ学会議, 京都大学(桂キャンパス), 京都; 2008 年 12 月 1-2 日. PM-03, pp. 41-43

(30) 北川文彦, 久保田圭, 篠原秀敏, 高橋善和, 水野潤, 庄子習一, 大塚浩二, "表面修飾ポリマーマイクロチップを用いる生体試料の電気泳動分析", 第 28 回キャピラリー電気泳動シンポジウム (SCE2008), 首都大学東京, 八王子; 2008 年 11 月 13-14 日. 1-1, pp. 5-6

(31) 齋藤美紀子, 水野潤, 西久保英郎, 藤原英道, 本間敬之, UV- ナノインプリント (UV-NIL) を用いためっきPtナノ電極の形成, 第 117 回表面技術講演大会, 13C-8(2008)

(32) 大野浩志, 永井議靖, 齋藤美紀子, 水野潤, 庄子習一, UVナノインプリント技術を用いたCu立体配線の作製, 2008 年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会, 船橋, 日本大学, 28a-ZK- /

(33) 佐伯亮, 鈴木崇章, 青山千顕, 白崎善隆, 水野潤, 船津高志, 庄子習一, "High Performance Liquid Chromatography(HPLC) 用カラムのチップ化に関する研究", 第 15 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会 2007 年 5 月 25 日~26 日, FP08, pp10

(34) 北川文彦, 鈴木崇章, 篠原秀敏, 水野潤, 庄子習一, 大塚浩二, "シクロオレフィンポリマーチップによる電気泳動分離 質量分析検出", 第 15 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会 2007 年 5 月 25 日~26 日, SP16, pp78

(35) 篠原秀敏, 高橋善和, 西泰治, 植村邦彦, 高橋千栄子, 水野潤, 庄子習一, "真空紫外線を用いたポリ尿素膜親水化処理とその血

液チップへの応用", 第 15 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会 2007 年 5 月 25 日~26 日, SP36, pp98

〔図書〕(計 8 件)

(1) 水野潤, "O puls E", 「デュアルダマシン銅配線へのナノインプリント技術の応用」, 株式会社 アドコム・メディア発行所, 2009 年 2 月号 vol.31 No.2, pp188-190

(2) 水野潤, "微細転写・加工技術全集", 「ナノインプリントを用いたマイクロ流路デバイスの作製」, 株式会社 技術情報協会・発行所, 2008 年 8 月 29 日発行, pp164-175

(3) 水野潤, "ナノインプリントの最新技術と装置・材料・応用" - ナノインプリント技術の最先端と広がる用途 - 「マイクロTAS, バイオ応用」・「NEMS分野への応用」, 株式会社フロンティア出版編集・発行, 2008 年 7 月, pp175-180

(4) 水野潤, "ナノインプリント応用事例集 ~ 原理/材料/装置/モールド/離型/評価/量産動向/特許等を踏まえて ~ 「UVインプリントと応用技術」", 株式会社 情報機構発行, 2007 年 9 月 18 日第 1 刷, pp217-225

(5) 水野潤, 福原誠, "ナノインプリント技術大全「磁気記録媒体への応用」", 電子ジャーナル, 2007 年 1 月 25 日発行, pp155-158

(6) 水野潤, 篠原秀敏, 庄子習一, "ナノインプリント技術大全「分析デバイスへの応用」", 電子ジャーナル, 2007 年 1 月 25 日発行, pp193-197

(7) 水野潤, 大野浩志, "ナノインプリント技術大全「ナノインプリント技術のLEDへの応用」", 電子ジャーナル, 2007 年 1 月 25 日発行, pp198-201

(8) 水野潤, "コンバーティングテクノロジー便覧「インプリント技術」", 株式会社 加工技術研究会, 2006 年 12 月 16 日発行, pp385-393

〔その他〕新聞掲載

(1) 日経産業新聞記事掲載 2008 年 4 月 16 日号 pp1

「LSI 立体配線効率化」

(2) 日経産業新聞記事掲載 2008 年 4 月 8 日号 pp11

「室温で親水性プラに」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水野潤 (MIZUNO JUN)

早稲田大学ナノ理工学研究機構・准教授
研究者番号: 60386737

(2) 研究分担者

齋藤美紀子 (SAITO MIKIKO)

早稲田大学ナノ理工学研究機構・准教授
研究者番号: 80386739