

次世代ウエハレベルカメラ用マイクロレンズアレイ金型の超精密切削

鈴木 浩文, 岡田 睦 (中部大学)

藤井 一二 (日進工具(株)), 白藤 芳則 (日精テクノロジー(株))

デジタルカメラなどデジタル家電の需要が伸びてきたが、量産・低コスト化をさらに進める新しいプロセスの必要性が生じている。そのため半導体製造工法 (MEMS) を取り入れた新しい製造プロセス、ウェハレベルレンズ (WLC) 製造工程が提案されている。そこで、本研究では、超精密機械加工、精密成形、計測技術を組み入れた新しいプロセスの検討を行う。本報告では次世代デジタルカメラ用の小型・高解像度デジタルイメージセンサ (ウエハレベルカメラ) レンズの高精度・高能率製造技術を開発することを目的に、成形用マイクロレンズアレイ金型の多軸制御の超精密切削法、微細形状の非接触計測法・微細レンズの転写技術の開発を行い、これらの技術を用いたレンズの試作評価を通じ、その製造技術の実証を行ったので報告する。本実験では、単結晶ダイヤモンド製疑似ボールエンドミルを用いて無電解 Ni めっき製マイクロレンズアレイ金型の切削技術の開発を行い、その加工の可能性検証を行った。

1. はじめに

近年、デジタルカメラ、カメラ付き携帯電話、監視カメラなどのデジタルイメージセンサのニーズが急速に増大した。特に、CMOS/CCD チップの高分解能化、マイクロ非球面レンズなどの光学部品の超精密機械加工技術の発展により、その性能 (画素数、分解能) は飛躍的に向上し、その市場は大幅に拡大している。このようなデジタルイメージセンサ技術は現在のところ我が国の独壇場であり、例えば携帯電話の製造数は 2007 年度で 11 億台を突破し、そのうちカメラ搭載モデルは 6 割を占め、サブカメラを入れるとカメラモジュール市場は 8 億台にも昇っている。今後も、ブリックスでの市場の拡大が見込まれる一方、従来型のデジタルイメージセンサのレンズモジュール (レンズ + 鏡筒) の製造現場の東アジア移転や東アジアの技術開発の追従により、更なる小型化、高画素化、製造コストの低コスト化が必要であると考えられる。

このようなデジタルイメージセンサの製造は、非球面金型を用いて非球面レンズ群を成形し、鏡筒に精密に調整組立してレンズユニットをアセンブリし、C-MOS 上に位置決めし、固定する。しかし、このようなプロセスでは、以下のように製造効率、コストなどに限界がある。

- (a) レンズは 1 回の工程から最大で 32 個取り程度が限界。
- (b) レンズユニットの製作は個々のレンズの組合せ作業であった為、生産効率が悪い。
- (c) 複数メーカーによる個別製品の受け渡しの必要有り。
- (d) 更なる小型化・薄型化・低コスト化に限界有り。

そこで、図 1 に示すようにマイクロレンズアレイを成形し、そのアレイを C-MOS ウエハ上で精密位置決めした状態で紫外 (UV) 成形・固化し、

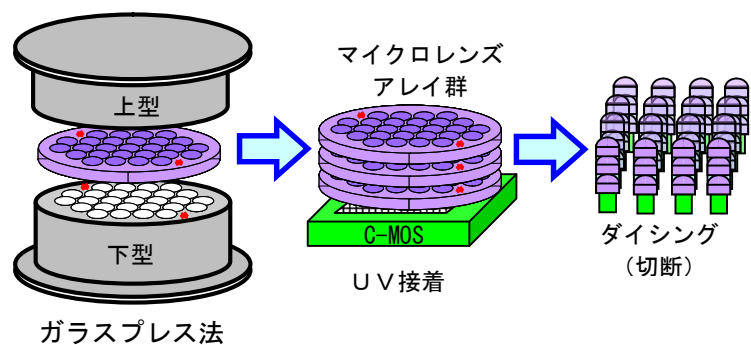


図1 新しいカメラモジュール工程

最後にダイサーでダイシング（砥石切断）し、ウェハレベルカメラWLC（レンズユニット一体C-MOSデジタルイメージセンサ）を低コストで量産するものである。

2. 同時3軸(X,Y,Z)制御の切削法

アレイレンズ金型における各々のレンズ型の形状は軸対称の非球面形状を有している。そこで、**図2**に示すように疑似ボールエンドミル工具を多軸制御の超精密加工機に搭載して同時3軸制御して加工を行った。金型の加工の様子を**図3**に示す。加工機としては同時5軸（X,Y,Z,C,B）制御リニアモータ駆動の超精密加工機 ULG-100D(HYB)（東芝機械(株)製）を用いた。位置決め分解能は1nmで、工具スピンドルは最大回転数 80,000rpm の空気静圧軸受で、単結晶ダイヤモンド製疑似ボールエンドミル工具をコレットチャックにより固定した。バランスは0.01 μ m以下の振れになるように調整した。金型はジグを介してC軸に固定した。

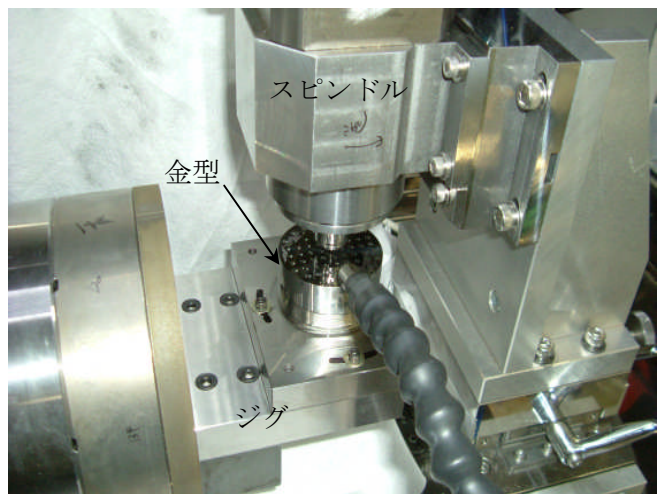
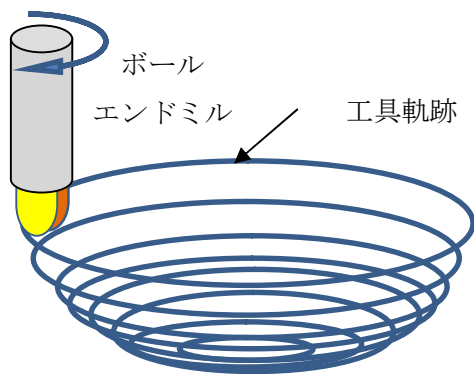


図2 マイクロレンズアレイ金型の精密切削法 **図3** マイクロレンズアレイ金型の加工の様子

3. 切削加工実験

金型の形状を**図4**に示す。STVAX材（クロム合金ステンレス工具鋼）でニアネット形状にマシンングセンタで69個の凹面形状非球面の前加工を行い、約50 μ mの無電解Niめっきを施した。最後に、単結晶ダイヤモンドボールエンドミルを空気静圧スピンドルにコレットチャックにより取り付けて、同時3軸制御しながらミーリング加工（フライス加工）を行った。切削条件を**表1**に示す。**図5**に示すような疑似ボールエンドミル工具は回転させ疑似球体と見なして螺旋状に回転工具を走査した。各レンズは多項式で表わされる軸対称非球面形状でサグ量は約362 μ mであった。

最初に工具回転中心と機械上の位置調整を行った後に切削を行い、1つの非球面の断面形状を測定した。その形状誤差曲線を**図6(a)**に示す。UA3P（パナソニック社製）により測定した。工具の曲率半径誤差と刃先の輪郭度誤差に形状誤差が生じている。次にこの誤差分布を基にNCデータの補正を行って加工した結果を**図6(b)**に示す。仕上げ加工後の全アレイレンズ（6個）の形状を**図7**に示す。形状精度は0.2 μ mP-V以下の形状精度が得られている。

最後に、切削加工後の表面粗さと全アレイの表面粗さの変化を**図8**および**図9**に示す。非接触粗さ計 New View5000（Zygo社製）により測定した。切削加工面の全数において10nmRz以下となっている。

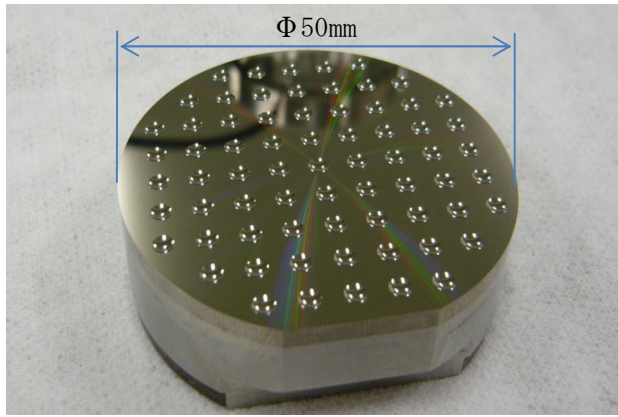


図4 無電解Niめっき製マイクロレンズアレイ金型

表1 切削条件

被削材	無電解Niめっき
工具回転数	60,000 rpm
切込み	1 μ m
送り	40 mm/min
切削雰囲気	白灯油噴霧
切削様式	ダウンカット

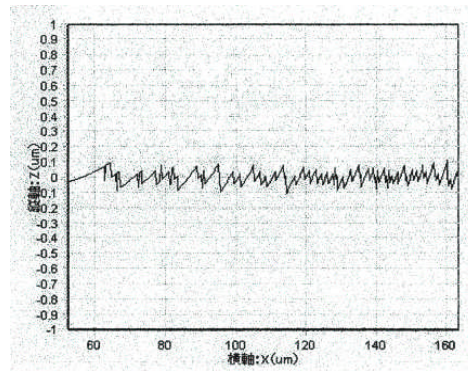
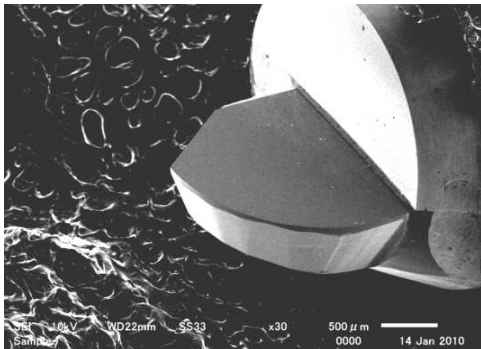
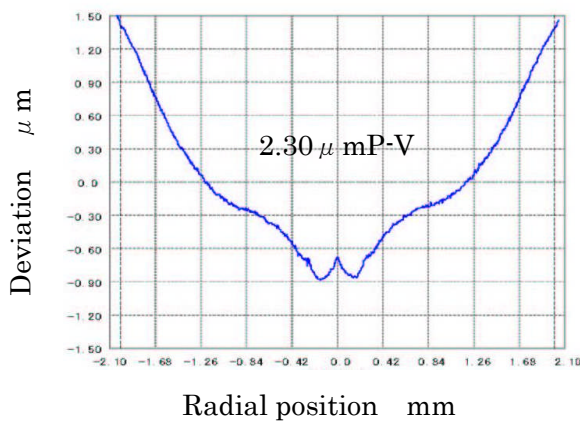
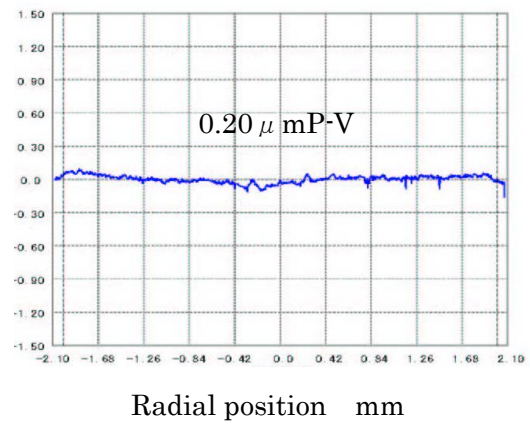


図5 単結晶ダイヤモンド製疑似ボールエンドミル



(a) 補正加工前



(b) 補正加工後

図6 非球面形状金型の形状精度曲線

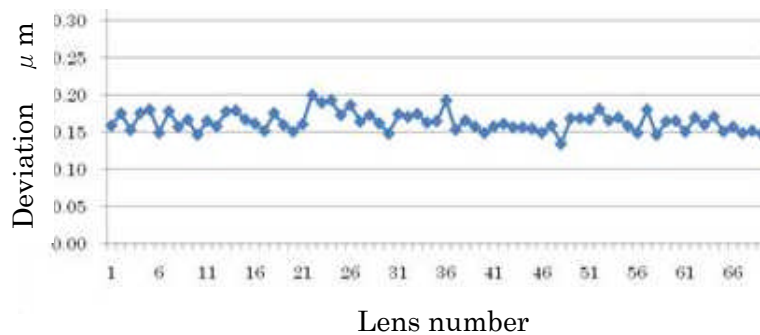


図7 切削加工後のアレイレンズ金型の形状精度

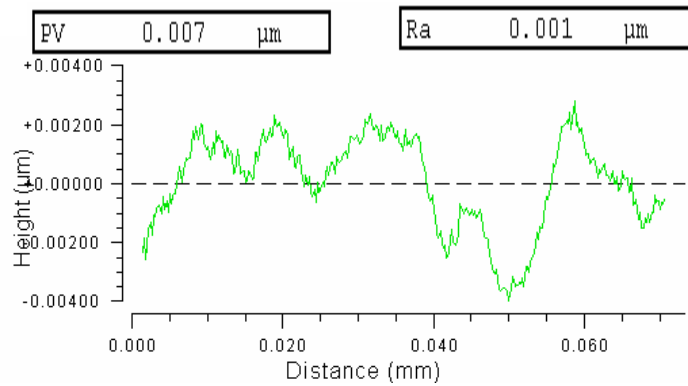


図 8 切削後の表面粗さ曲線 (No. 2)

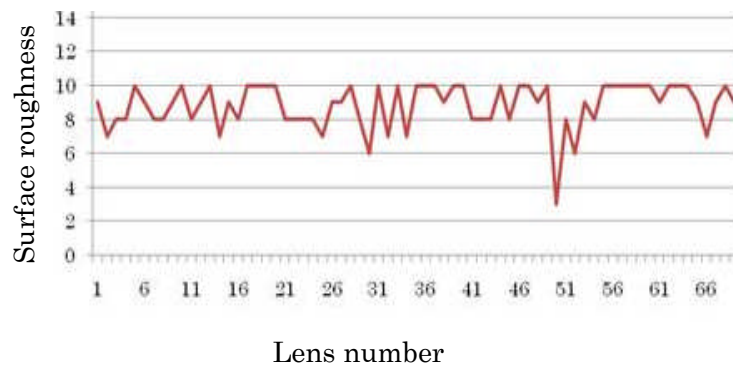


図 8 切削加工後のアレイレンズ金型の表面粗さ

3. おわりに

WLC 用マイクロレンズアレイの開発するために、単結晶ダイヤモンドボール製疑似ボールエンドミルを用いて、同時 3 軸 (X,Y,Z) 制御の切削法により無電解 Ni めっき製マイクロレンズアレイ金型の超精密切削について検討した。その結果、 $0.2 \mu\text{mP-V}$ 以下の形状精度と 10nmRz 以下の表面粗さが得られ、本方法が有効であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) W. Chen, T. Kuriyagawa, H. Huang and N. Yosihara, "Machining of micro aspherical mould inserts", Precision Engineering, Vol.29, No.3, pp.315-323, 2005.
- 2) E. Brinksmeier, O. Riemer, A. Gessenharter and L. Autschbach, "Polishing of Structured Molds", Annals of the CIRP, Vol.53, No.1, pp.247-250, 2004.
- 3) H. Suzuki, T. Moriwaki, T. Okino and Y. Ando, "Development of Ultrasonic Vibration Assisted Polishing Machine for Micro Aspheric Die and Mold", Annals of the CIRP, Vol.55, No.1, pp.385-388, 2006.