

プラスチック製機能部品のナノレベル成形技術 に関する調査研究

佐藤 健* 宮口 孝司* 斎藤 博*

Study on Fine Molding Technology of Functional Components made of Thermoplastic Resin

SATO Takeshi*, MIYAGUCHI Takashi* and SAITO Hiroshi*

1. 緒 言

電子機器、光通信、医療機器などのさまざまな分野でエンジニアリングプラスチック（エンプラ）の成形部品が多用されている。携帯電話の例などでもわかるように、製品の小型化、高機能化は年々進展し、これらに使用されるエンプラ成形部品にも微細な形状や複雑な形状が付与され、より機能性を高めたかたちで利用拡大が進んでいる。

これらの部品には、微細形状を付与した金型加工技術、その形状を樹脂に成形する技術が必要であり、当研究所においても、昨年度までに、シリコン基板上に成膜や微細形状を形成してデバイスを作製する MEMS 技術、ナノレベル形状を樹脂に転写するナノインプリント技術について調査、研究を行ってきた¹⁾²⁾。

このような背景から、本研究では、

- ① 高機能エンプラ部品の応用製品調査
- ② 微細形状付与金型の製造技術調査
- ③ 製造技術に関する試作実験

などの項目についてさらに調査を進めた。その結果、射出成形の分野においても、樹脂に微細形状を付与する必要性が高まっていることがわかった。

本調査研究では、従来の機械加工では作製困難な微細形状を有している、液晶バックライト用導光板について、MEMS 技術を利用した金型マスターの作製と、これをもとにした電鋳スタンパの作製を行い、さらに射出成形実験を行った。

* 研究開発センター
レーザー・ナノテク研究室

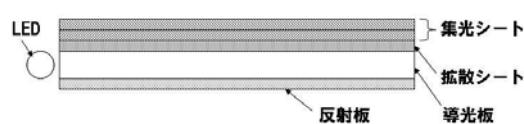


図1 液晶用バックライトの基本構造

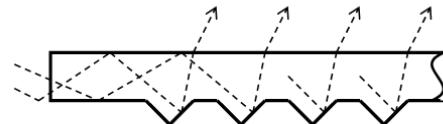


図2 導光板断面の例

本技術レターでは、主にこの試作実験の内容について報告する。

2. 液晶バックライト用導光板の試作

2.1 導光板の概要

導光板とは、液晶ディスプレー用バックライトを構成する部品の一つである。

図1は、サイドライト方式のバックライトの基本構造である。導光板は、サイドにある光源から入射した光を観察方向に面発光させる役目を担っている。このため、光線を90°に偏角すること、さらに輝度や面内均一性を高めるために、表面に図2に示すような突起や窪みなどを形成してある。

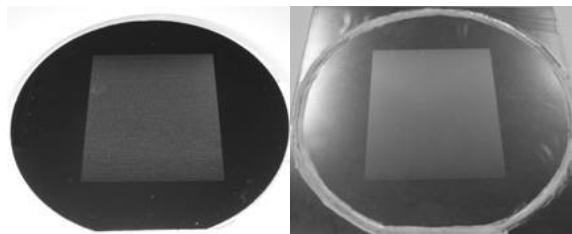
この微細形状は、主にスクリーン印刷や金型を用いた成形によって形成されているが、印刷用スクリーン版や機械加工では、微細さに限界がある。

その一方で、MEMS 技術を利用したシリコンの加工プロセスでは、 μm 以下オーダーの形状であっても容易に形成でき、非常に多くの数であっても所望の位置に配置できるという利点があるため、試作を検討することにした。

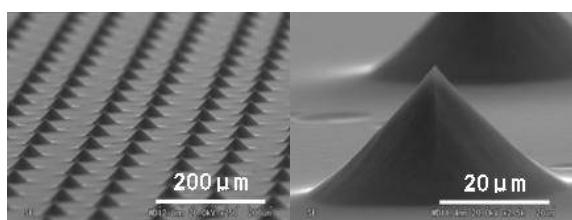
2.2 微細突起の形成と射出成形

シリコン基板表面に底面 $\phi 50\mu\text{m}$ 、高さ $30\mu\text{m}$ の円錐形状を目標に、微細な突起の形成を検討した。

4 インチシリコンウェーハに東京応化製フォトレジスト OFPR800 を厚さ $2\mu\text{m}$ で塗布し、フォトマスクを用いて、対角長さ 3 インチのエリアに $\phi 65\mu\text{m}$ の円形マスクを、ピッチ $90\sim 250\mu\text{m}$ で、エリア内で密度の濃淡があるようにならべて形成した。これを住友精密製ドライエッティング装置 MUC21 を使用し、 SF_6 、 C_4F_8 、 O_2 のガスをチャンバー内に導入してエッティングを行った。ここで 3 種類のガスを用いたのは、等方性エッティングのガスである SF_6 、 O_2 を用いた場合に比べ、突起の斜面に直線的なテーパを施し、より円錐に近い形状を作製するためである。



(a) Si ウェーハ (b) Ni スタンパ
図 3 試作した基板



(a) 突起全体 (b) 突起の拡大写真
図 4 突起形状（テーパエッティング）

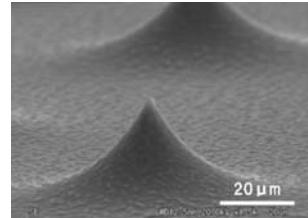


図 5 突起形状（等方性）

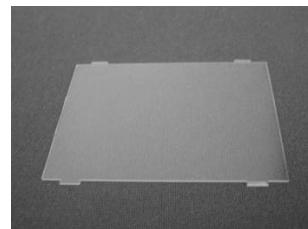
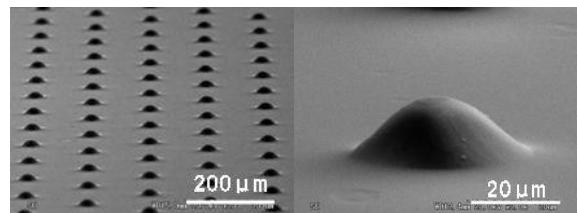


図 6 成形品外観



(a) 突起全体 (b) 突起の拡大写真
図 7 成形した突起形状

図 3(a)に加工したシリコンウェーハ、(b)にこれをマスターとして、電鋳により作製した厚さ 0.5mm のニッケルスタンパを示す。基板中央部の四角のエリアが微細形状を形成してある領域で、(a)は凸状、(b)は凹状である。

図 4(a)、(b)は、 SF_6 、 C_4F_8 、 O_2 ガスでシリコンに形成した突起を倍率を変えて観察したものであり、図 5 に示した等方性エッティングで形成した突起に比べ、斜面の傾斜部が丸みを帯びていないことがわかる。

図 3(b)のスタンパを用いて、(株)ニイガタマシンテクノの協力を得て射出成形を行った。成形装置には、当社製 MD50XHP-AP を使用し、成形樹脂には、ポリカーボネート（出光興産製タフロン LC1500）を用いた。

図 6 は、成形した厚さ 0.4mm の 3 インチ導光板であり、図 7(a)、(b)はこの導光板に成形された突起の形状を倍率を変えて SEM で観察したものである。スタンパの凹部は、図 4(b)の

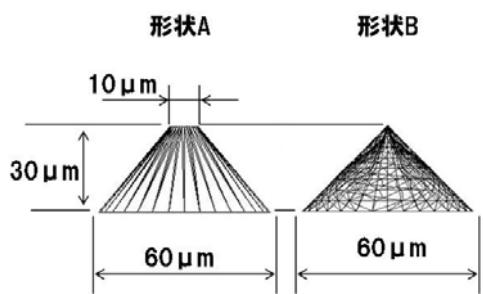


図 8 突起の形状

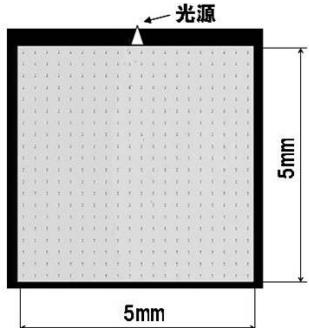


図 9 突起の配置

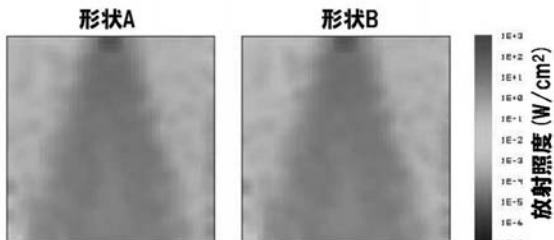


図 10 放射照度分布

形状が転写されているため、最深部が非常に狭くなっている。このため、樹脂の入り込みが困難であり、突起の先端が丸みを帯びた形状となつた。

2.3 光学特性のシミュレーション

前項で作製した突起形状の光学特性のシミュレーションを行った。

射出成形実験の結果では、スタンパ最深部への樹脂の入り込みが不十分だったので、突起先端部の形状が光学特性に影響を与えるか否かを調べることが目的である。

図 8 に示すように先端部が平坦な形状 A、先鋭な形状 B について、シミュレーションソフト ZEMAX を使用して計算した。この突起を図 9 に示すように、 $\square 5\text{mm} \times 5\text{mm}$ のエリアの中に $250\mu\text{m}$ ピッチで配置し、端部中央から点光源で光を入射した場合の面方向の放射照度密度を示した。

図 10 に示すように、光源からの出射した光が突起によって散乱された結果生じる放射照度分布には、大きな差異が認められなかった。シミュレーション結果からは、先端部のとがりの有無は、輝度に対して大きな影響はないといえる。

3. 結 言

- (1) ドライエッチングによりシリコンウェーハを加工し、微細な円錐形状を形成することができた。このシリコンウェーハをマスターとして、電鋳により射出成形用スタンパーを作製した。
- (2) 上記のスタンパーを用いて射出成形を行い、対角 3 インチの液晶バックライト用導光板を試作した。マスターでは先端の尖った形状を作製したが、射出成形では、先端の部分への樹脂の充填が困難で、丸みを帯びた形状となつた。
- (3) ZEMAX を用いたシミュレーションにより、導光板に形成した突起の先端部の尖りの有無は輝度への影響が少ないことがわかった。

参考文献

- 1) 佐藤健, 宮口孝司, 坂井朋之, “MEMS プロセス技術の開発研究（第 3 報）”, 工業技術研究報告書, 36, 2007, p.3-9
- 2) 山田昭博他, “ナノ材料と成形プロセスに関する調査研究”, 工業技術研究報告書, 36, 2007, p.96-98