

Title	A Study on Design and Process of Optical Device with Structured and Materials Layer
Author(s)	Chou, Ta-Hsin
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59946
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	周 大鑫 Chou Ta-Hsin
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)
学位記番号	第 25761 号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	A Study on Design and Process of Optical Device with Structured and Materials Layer (微細構造薄膜を利用した光学デバイスの設計および材料加工技術に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 高谷 裕浩 (副査) 教授 榎本 俊之 准教授 林 照剛 中部大学大学院工学研究科教授 竹内 芳美

論文内容の要旨

In this thesis, the technology of optical device was developed and discussed for display and green building. The technology includes optical structuring and material processing solution.

In the optical structuring solution:

- (1) The sunlight directing structures were designed by the polygon prism with curved slope generates uniform outgoing sunlight to the ceiling of room.
- (2) The sub-wavelength structures were designed for antireflection film and light extraction layer of LED and OLED devices.
- (3) The sunlight directing film was fabricated by UV embossing and the mold fabricated by precision machining, then the experimental results showed good agreement with the simulation analysis.
- (4) The sub-wavelength structures were fabricated by UV embossing and the mold fabricated by laser interference lithography and electroforming.
- (5) For antireflection film, the reflectance of PET film with structures was reduced from 8.53% to 4.24% at wavelength of 550nm. For low reflection ITO film, the reflectance of ITO layer deposited on sub-wavelength structures was reduced to 8.7% at wavelength of 550nm, and the sheet resistance was 91.56 Ω/\square . The result was good enough for touch panel application.
- (6) The 8-fold PQC structures on LED chip was verified to increase 11% of output power. The white light OLED chip with sub-wavelength structured ITO layer was verified to increase the current efficiency of 21.8% and power efficiency of 107%.

In the material processing solution:

- (1) The high pressure homogenizing and slit coating processes were analyzed for designing machines and reducing the number of experiments.
- (2) Two types of high pressure homogenizers were designed and manufactured in this study. The ZnO, pigment, and diffuser material were verified and used to create better optical performance after high pressure homogenizing process.
- (3) Two types of slit coaters were designed and manufactured in this study, one is the moving table type and the other is the moving gantry type. The photoresist and PEDOT:PSS were verified. The best result with uniformity of $\pm 0.9\%$ and thickness of $2.647\mu\text{m}$ was verified by the moving gantry type slit coater.

論文審査の結果の要旨

近年、フラットパネルディスプレイ (FPD)、発光ダイオード (LED) や有機発光ダイオード (OLED) 等の発光素子、太陽光導光パネルなどの広範な光学応用機器の分野において、導光特性、反射防止特性、高効率透過特性、拡散特性等を有する光学フィルムが多用されている。それら的高機能な光学フィルムに代表される、微細構造薄膜を利用した光学デバイスの量産化に対する要求が高まっている。

本論文は、微細構造薄膜を利用した光学デバイスの量産化のための製造技術として、特に設計プロセスおよび材料加工プロセスに関する研究について論じたものであり、主な成果を要約すると以下の通りである。

まず、微細構造薄膜を利用した光学デバイスの設計プロセスに関する研究において以下の成果が得られた。

- (1) 太陽光導光機能を持つ光学デバイスの設計プロセスにおいて、ポリゴンプリズム微細構造を有する光学フィルムを提案した。さらに、光学特性解析によって、均一で高効率な室内照明光源としての有効性を示した。
- (2) FPDの反射防止機能やLED、OLEDの高効率発光機能を持つ光学デバイスの設計プロセスにおいて、球状突起微細構造および擬似フォトニック結晶構造などのナノ微細構造を有する光学フィルムを提案した。さらに、FDTD (Finite Difference Time Domain method) シミュレーション解析によって、光低反射フィルムおよび発光高効率化薄膜としての有効性を示した。
- (3) ポリゴンプリズム微細構造を有する光学フィルムの製造方法について検討した。超精密機械加工によってポリゴンプリズム微細構造金型を製作し、紫外光エンボス加工によって、導光特性および拡散特性を有する光学フィルムを試作した。
- (4) ナノ微細構造を有する光学フィルムの製造方法について検討した。レーザ干渉リソグラフィおよび電鍍加工によってナノ微細構造金型を製作し、紫外光エンボス加工によって、反射防止特性および高効率透過特性を有する光学フィルムを試作した。
- (5) 試作した球状突起微細構造の光学フィルムの反射防止機能を評価した。その結果、波長 550nm の反射率において、PET (polyethylene terephthalate) フィルムは $4.24\% \sim 8.5\%$ 、シート抵抗 $91.56 \Omega/\square$ のITO (indium tin-oxide) フィルムは 8.7% 低減することができた。
- (6) 4回露光法によって試作した擬似フォトニック結晶構造による光学薄膜層をLEDに適用し、発光強度を評価した結果、 11% 増加することを示した。さらに、OLEDのITO薄膜層として実装した場合、電流効率 21.8% 、電力効率 107% の向上を達成することができた。

次に、微細構造薄膜を利用した光学デバイスの材料加工プロセスに関する研究において以下の成果が得られた。

- (1) 流体力学シミュレーション解析結果に基づいた、光学フィルム製造用高圧ホモジナイザおよびスリットコーターの設計手法を提案した。
- (2) 解析結果に基づいて設計・試作した2タイプの高圧ホモジナイザを用いて、ZnO微粒子および色素(黄色)の分

散性を評価した結果、紫外光遮光フィルム等の光学特性が向上することを示した。

- (3) 解析結果に基づいて設計・試作した2タイプのスリットコーター、すなわちテーブル移動方式とガントリー移動方式を用いて、透過性光学フィルムとして利用されるフォトレジストおよびPEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxy-thiophene):poly(styrenesulfonate)) のコーティング特性を評価した。ガントリー移動方式の場合、 $2.647\mu\text{m}$ の膜厚を $\pm 0.9\%$ の均一性で成膜可能であることを示した。

以上のように、本論文は、微細構造薄膜を利用した光学デバイスの設計プロセスおよび材料加工プロセスにおける新たな手法を提案し、さらに、実際に光学デバイスを設計・試作して提案手法の有効性を実証している。その成果は、高機能光学フィルムの量産化において極めて有用なものであり、微細構造薄膜を利用した光学デバイスの製造技術において、機械工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。