Osaka University Knowledge Archive

Title	Development of Efficiency Lighting Method and Material by Means of Nano/Micro Structure
Author(s)	Jian-Shian, Lin
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58359
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【155】

氏　　名	林 建憲（リン ジャンシャン Jian-Shian Lin）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２４８０７　号
学位授与年月日	平成 23 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	Development of Efficiency Lighting Method and Material by Means of Nano/Micro Structure （ナノ・マイクロ構造を用いた効率的照明法と材料の開発）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　竹内　芳美 （副査） 教　授　高谷　裕浩　　教　授　榎本　俊之　　准教授　石田　　徹

論　文　内　容　の　要　旨

Lighting technologies are striving toward being highly energy efficient and more environmental-friendly. The improvement of lighting efficiency, along with higher skylight admittance, makes this goal one step closer. In this thesis, we introduced a complete energy-efficient lighting system, whose manufacturing process involved nano-microstructure production, LED material and packaging, and the design and simulation of daylight guiding component that is capable of admitting artificial and natural light sources.

We discovered that uneven pressure of embossing machine is a major contributor of nano-imprinting failures: it caused bending or distortion of molds or substrates, and therefore lopsided structure depth and distortion of imprinted structures. In order to solve this issue, we designed a new device that incorporates the Pascal principle, which allows flexible selection and filling of containing liquid. Exerted force can be evenly distributed to molds and substrates through this elastic device. The uniform pressure distribution allows precise control of structure depth and uniformity, and vastly improved nano-imprinting integrity.

After solving the uniformity issue of nano-imprinting, we can further improve nano-imprinting integrity by thoroughly cleaning optical molds after demolding. Our study indicates mold cleaning using carbon dioxide is safer and more environmental friendly compared to other existing cleaning methods. Cleaning via CO2 involves both super-critical liquid CO2 cleaning and CO2 snow particle cleaning. For CO2 snow particle cleaning, we identified that the density and pressure of CO2 propellant are the key factors of cleaning power of

CO2 snow particles. CO2 cleaning is a very competitive cleaning technology thanks to its decent cleaning power and low usage of toxic organic solvents.

LED is widely used in displaying and lighting. Besides the pursuant of higher efficiency, characteristics of LED materials is also a consistent research area. We found a new reflective material of LED that increased refractivity. Since water and oxygen in the air caused lifespan reduction of LED, we synthesized an inorganic/organic hybrid nanocomposite material that can be cured by UV light. The material has decent properties such as fast curing, good adhesion strength, high refractive indices, and excellent gas barrier effect, all of which make it a perfect LED encapsulation material.

We also studied the application of sub-wavelength grating components on LED and simulated the result using FDTD (finite-difference time-domain). The proposed grating structure is 175nm in period and 125nm in depth, coated with silver dielectric materials. The SWG surface structure increased the transmission efficiency of red incident wavelength 600 to 700nm. The best incident angle will be limited in the incident light that is almost vertical to the tangent direction and light in all other angles will be filtered out. From this result, we can utilize the characteristics to make a Polaroid with bandpass filter. This structure can be used to replace lower Polaroid of LED-based LCD backlight module and to improve the light emitting efficiency of LED.

Based on the concept of green buildings, we developed daylight panels that can uniformly admitting skylight, improve daylight utilization, and therefore lower the power consumption of required artificial lighting within the building. The experiment results from actual daylight panels are consistent with computer simulations and designs. Combining all the researches above, we are able to create an energy-saving and environmental friendly lighting system. Broader adoption of this system will not only reduce energy waste but also protecting mother earth, therefore a valuable research topic for further studies.

論文審査の結果の要旨

本論文は、材料のナノ・マイクロ構造を積極的に利用し、自然光やＬＥＤなどの人工光を効率的に照明する方法を研究したもので、５章から構成されている。

第１章は、効率的照明とナノ・マイクロ構造の関連について述べている。自然光と人工光に対する効率的照明法を取り上げ、そのための材料と製造法に触れるとともに、インプリント法とＬＥＤパッケージングの問題点ならびに解決法をあげ、あわせて本論文の構成を説明する。

第２章では、ナノ・マイクロ構造をもつ金型を用いて微細な光学パターンを創成するインプリント法を取り上げる。成形材料に均一な圧力で押し付けることが重要であり、そのために液体を包むゴム材を取り入れた金型を試作し、圧力のばらつきを４０％から３％に低減するとともに、100ｎｍの最小線幅のパターンまでの正確な転写が可能になった。さらに、光学部品用金型のクリーニングのために超臨界CO_2液とCO_2雪状粒を吹き付け、環境を配慮しながらクリーニング時間の短縮に成功している。これらの開発によって効率良い光学部品製造が可能になった。

第３章は、照明デバイスとしてのＬＥＤの材料開発に関するもので、ＬＥＤの発光体からの光を、効率的に反射する材料と効率的に透過する材料を開発し、それによりＬＥＤのカプセル化を高性能なものにしている。 反射材料として sPS と PPO を適切に混合することによって効果的な材料を選定でき、また透過材料として紫外線アシスト合成の無機/有機ハイブリッド材で効率的な特性が得られ、これらを用いて高効率なＬＥＤパッケージ製造に成功した。

第４章は、ナノ・マイクロ構造の応用として、ナノ構造では、ＬＥＤ光に対して２次元の銀塗膜正弦波状マイクロ構造を作って偏向光を得ているが、銀塗膜厚・溝深さを変えながら行った実験によってＴＭ偏向光は赤色波長で透過性が良く、特定の角度で放出されることを見い出した。ＬＣＤのバックライトパネルに代わってＬＥＤ偏向光が期待できる。さらに、マイクロ構造の新しい応用として、自然光をガイドするパネルを、超精密マイクロ切削加工をした円筒形金型を用いてロール・ツー・ロールで成形し、これをガラスで挟み込んで製造する手法を開発した。シミュレーションによって適切な構造を得たのち、実際にパネルを作製し、その効果を実証している。

第５章は、本論文のまとめであり、各章の結果を述べるとともに今後を展望する。

以上のように、本論文は、ナノ・マイクロ構造をもつ材料開発と照明法の研究によって、光の効率的な利用法を実現している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。