

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95110382

※申請日期：95.3.24

※IPC 分類：G02B1/12

## 一、發明名稱：(中文/英文)

雷射表面處理方法以及具有以該方法製作之週期性結構的光學元件  
LASER SURFACE TREATMENT

## 二、申請人：(共2人)

### 1. 姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

日商松下電工股份有限公司 / MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.

指定 為應受送達人

代表人：(中文/英文)(簽章) 火田中 浩一 / HATANAKA, KOICHI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府門真市大字門真 1048 番地  
1048, Oaza-Kadoma, Kadoma-shi, Osaka, Japan

國 籍：(中文/英文) 日本 / JAPAN

電話/傳真/手機：

E-MAIL：

### 2. 姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

財團法人激光技術綜合研究所 / INSTITUTE FOR LASER TECHNOLOGY

指定 為應受送達人

代表人：(中文/英文)(簽章) 齊藤 紀彥 / SAITO, NORIHIKO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府大阪市西區葺本町 1 丁目 8 番 4 號  
8-4, Usubohonmachi 1-chome, Nishi-ku, Osaka-shi, Osaka, Japan

國 籍：(中文/英文) 日本 / JAPAN

電話/傳真/手機：

E-MAIL：

三、發明人：(共2人)

1.姓名：(中文/英文)

田中 健一郎 / TANAKA, KENICHIRO

國籍：(中文/英文) 日本 / JAPAN

2.姓名：(中文/英文)

藤田 雅之 / FUJITA, MASAYUKI

國籍：(中文/英文) 日本 / JAPAN

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

日本；2005/03/28；2005-093145

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係與使用超高強度短脈衝雷射光束的雷射表面處理方法有關，更特別的，係與形成一可有效降低光學材料表面的反射損失之精細週期性結構有關。

### 【先前技術】

對於利用雷射光束在透明基板的表面形成一精細週期性結構 (fine periodic structure) 的方法，舉例來說，日本早期公開專利申請案[KOKAI] 2003-57422 揭示藉由照射毫微微秒(femtosecond, fs)脈衝的雷射光束形成一週期性微結構的方法，這個方法必須使用 2 條 fs 脈衝的雷射光束互相干涉，然後照射至基板(substrate)，以便於基板上形成一週期性全像繞射光柵(hologram diffraction grating)，所獲得的繞射光柵的週期性結構具有 5 至 200nm 的最小平均尺寸，在此情況下，有個不便之處是必須以高精確度對光學系統進行位置調整，使得 2 條 fs 脈衝的雷射光束會互相干涉，此外，因為利用干涉現象，所以也很難達到大面積的處理。

順帶一提，當在具有一折射率之光學介質中傳播的光入射至具有一不同折射率的另一光學介質時，在這 2 個光學介質間通常會發生反射損失(reflection loss)，反射損失隨著光學介質間折射率相差越大而增加，此外，光從較大折射率的光學介質入射至較小折射率的光學介質時，當入射角超過一臨限值（全反射角），會發生全反射的狀況，使得光不能傳播至具有較小折射率的光學介質中，舉例來說，當光從折射率為 7.7 的藍寶石傳播至折射率為 1 的空氣中，當入射角在適當的角度時，反射損失為 7.7%，另一方面，當入射角超過 34.4 度，就會發生全反射，所以，如何利用光學透明度降低光學元件中的反射損失，成為一個有待解決的課題。

**【發明內容】**

因此，本發明的一個主要考量是提供一雷射表面處理方法(laser surface treatment)，其可藉由被降低的雷射功率，而不須使用雷射光束的干涉現象，用以形成一精細週期性結構，有效地降低光學材料表面的反射損失。

也就是說，本發明所揭示的雷射表面處理方法包含以下的步驟：在具有光學透明度的一基板的表面上形成一金屬膜；以及藉由一具有1毫微微秒(fs)至100微微秒(ps)的脈衝寬度之超高強度短脈衝雷射光束的照射移除金屬膜，使得具有較佳為50至1000nm的週期性間隔之精細週期性結構係被形成於藉由移除金屬膜而被暴露的基板表面。

根據此雷射表面處理方法，藉由在基板上一被要求的區域形成金屬膜，能夠於基板的表面獲得可降低反射損失的精細週期性結構，然後利用超高強度短脈衝雷射光束將金屬膜自基板上移除，此外，由於精細週期性結構的週期性間隔可藉由改變雷射能量密度而被控制，因此能夠製造出具有精細週期性結構的光學元件，適合讓某種光的波長入射於其上，另外，本發明有一優勢，在沒有金屬膜的情況下，本雷射表面處理方法可利用比以雷射照射處理基板所需的雷射能量密度要足夠小的雷射能量密度來執行，還有，由於本發明採用超高強度短脈衝雷射光束，因此可避免基板表面受到熱損害的機會。

在本發明的雷射表面處理方法中，是採用圓形或橢圓偏振(elliptically polarized)的雷射光束作為超高強度短脈衝雷射光束，精細週期性結構的特性是藉由在週期性間隔中形成點狀的突出物加以定義，就另一方面來說，在使用線性偏振雷射光束作為超高強度短脈衝雷射光束時，精細週期性結構的特性是藉由在週期性間隔中形成與偏振方向垂直的延長突出物加以定義，在本發明中，週期性

間隔可定義為精細週期性結構中，鄰接的突出物（鄰接的點狀突出物或延長的突出物）的頂點之水平距離。

在上述的雷射表面處理方法中，較佳為金屬膜係由選自銅、鐵、金、銀、鋁、鎳、鎂、鈦、矽、不銹鋼以及上述物質的合金之群組中的至少其中一種所組成，而更佳者係選自銅、鐵以及至少包含銅和鐵其中之一的合金所組成。

此外，較佳為超高強度短脈衝雷射光束的雷射能量密度係於 1 至 100mJ/mm<sup>2</sup> 的範圍內，藉由適當地選擇位於此範圍內的雷射能量密度，具有週期性間隔的精細週期結構可被穩定地形成，另外，週期性間隔可藉由改變超高強度短脈衝雷射光束對金屬膜的照射角度而加以控制。

本發明的進一步考量是提供一種光學元件，其具有藉由如上述之雷射表面處理方法所形成的精細週期性結構，本發明所揭示的光學元件可降低反射損失，提昇傳輸係數。

本發明的各種特點與優勢，在透過以下的實施方式說明後將更為清楚。

### 【實施方式】

以下將解釋本發明所揭示的雷射表面處理方法。

本發明的雷射表面處理方法的第一步驟是形成金屬膜，也就是說，在具有光學透明度的基板表面上形成一金屬膜，以基板材料來說，可以採用具有透明度的無機材料，較佳為熔化矽砂(fused silica)、一種非矽砂玻璃(nonsilica glass)（包含以 ZrF<sub>4</sub> 為基礎的玻璃、以 ThF<sub>4</sub> 為基礎的玻璃、以 BeF<sub>2</sub> 為基礎的玻璃、以 CaF<sub>2</sub> 為基礎的玻璃，以及氧化物玻璃等）、藍寶石玻璃、以 ZnO 為基礎的玻璃、以 SiC 為基礎的玻璃、以 GaN 為基礎的玻璃（包含 InGaN 與 AlInGaN）、以 InN 為基礎的玻璃、以 YGA 為基礎的玻璃、以 GaAs

為基礎的玻璃、以 GaP 為基礎的玻璃、以 ZnS 為基礎的玻璃、以 ZnSe 為基礎的玻璃、以 SrS 為基礎的玻璃、或以  $\text{CaGa}_2\text{S}_4$  為基礎的玻璃等。

以金屬膜的材料來說，較佳為選自於銅、鐵、金、銀、鋁、鎳、鎂、鈦、矽、不銹鋼、以及上述物質的合金之群組中的至少其中一種。在此情況下，可以在基板上獲得具有穩定品質的精細週期性結構，接下來將加以描述，此外，為了讓金屬膜具有良好的可用性，較佳為使用銅、鐵，或者是至少包含銅或鐵其中一種的合金，此外，為了有效地產生以下將描述之表面電漿電磁極化子(surface plasmon polariton)，較佳為使用金、銀、或銅，在基板上形成金屬膜的方法並沒有限制，為了在基板上均勻地形成金屬膜，舉例來說，較佳為使用濺鍍(sputtering)、物理氣相沉積(physical vapor deposition, PVD)或真空沈積(vacuum deposition)。

本發明的雷射表面處理方法的第二步驟是雷射照射(laser irradiation)，也就是如圖 1 所示，藉由具有 1 毫微微秒(fs)至 100 微微秒(ps)的脈衝寬度之超高強度短脈衝雷射光束 3 的照射，移除基板 1 上的金屬膜 2，使得具有較佳為 50 至 1000nm 的週期性間隔之精細週期性結構 4，係被形成於藉由移除金屬膜而被暴露的基板表面。若有需要，雷射光束可被用來掃描，以便於具有較大需被處理的表面區域之基板上有效地形成精細週期性結構，在掃描雷射光束時，也可藉由移動承載基板的桌板，獲得同樣的效果。

對於超高強度短脈衝雷射光束來說，可以使用鎖模雷射(mode-locked)，像是鈦藍寶石(Ti:Sapphire)雷射、YAG 雷射、二次諧波鈦藍寶石(SHG-Ti Sapphire)雷射、三次諧波鈦藍寶石(THG-Ti Sapphire)雷射、四次諧波鈦藍寶石(FHG-Ti Sapphire)雷射、SHG-YAG 雷射、THG-YAG 雷射、FHG-YAG 雷射、或準分子雷射(excimer laser)等，當超高強度短脈衝雷射光束係採用線性偏振雷射光束時，在基板上可獲得精細週期性結構，其具有與偏振方向垂直

的方向延伸之延長突出物，並且形成於基板上的週期性間隔，如第二 A 圖所示。另一方面，當超高強度短脈衝雷射光束係採用圓形或橢圓偏振雷射光束時，在基板上可獲得精細週期性結構，其具有形成於週期性間隔的點狀突出物，如第二 B 圖所示，因此，精細週期性結構可藉由改變雷射光束的偏振方向而被控制，第二 C 圖所示為精細週期性結構的表面輪廓，其中「P」代表週期性間隔，可定義為精細週期性結構中，鄰接的突出物的頂點之水平距離。

雷射照射步驟較佳為在 0.01 Pa 或更低的低壓狀態下執行，以避免因雷射照射所蒸發的一部份金屬膜被沉積於基板表面，另外，雷射照射步驟可在鈍氣氣體中被執行，以避免像是基板氧化等的劣化現象。

順帶一提，本發明的發明人發現，精細週期性結構可被形成於藉由特定雷射照射移除金屬膜而被暴露的基板表面，藉此達成本發明，儘管本發明並不限於一種用以形成精細週期性結構的機制，不過，以下的現象據信是由雷射照射所產生，也就是說，當金屬膜是藉由雷射照射從基板上被移除時，表面電漿電磁極化子會於殘留在基板上的金屬膜的一部分地方被產生，所以在靠近基板表面會發展出局部增強的電場，促進精細週期性結構於基板上形成。

一般來說，當沒有金屬膜形成於其上的基板受到雷射照射時，雷射光束需要具備等於或大於臨限能量密度(threshold energy density)的雷射能量密度(比如在使用熔化矽砂作為基板時，大約是 50 mJ/mm<sup>2</sup>)，換句話說，當雷射能量密度小於臨限能量密度時，基板受到雷射照射並不會作用。然而，本發明的雷射表面處理方法是在有金屬膜的存在下執行，由於上述的表面電漿電磁極化子會增強精細週期性結構的形成，所以雷射表面處理所需的雷射能量密度，和沒有金屬膜的情況下執行雷射表面處理所需的雷射能量密度相比，可被大幅地降低(例如臨限能量密度的 1/3)。

此外，由於本發明的雷射表面處理方法並不需要用 2 條雷射光



束產生干涉現象，因此可以輕易與有效地對基板上的一塊大面積執行雷射表面處理，此外，使用超高強度短脈衝雷射光束可以在短時間內完成雷射表面處理，其優勢在於可避免基板發生熱損害的機會，以及提升精細週期性結構的品質穩定性。

如上所述，本發明的技術概念是藉由表面電漿電磁極化子效應，在基板上形成精細週期性結構，因此，本發明與傳統上藉由雷射光束在基板上形成金屬膜的繞線樣式(wiring pattern)不一樣，從這個觀點來看，本發明的雷射表面處理方法可被定義為包含以下的步驟：於基板的一預定區域上形成金屬膜，然後藉由超高強度短脈衝雷射光束的照射移除所有的金屬膜，所以精細週期性結構係藉由移除該金屬膜而被形成。

接下來將詳細說明本發明的精細週期性結構，精細週期性結構的週期性間隔較佳為要被傳播至基板內的光的波長之 1/10 至 10 倍之間，也就是說，當週期性間隔是在波長( $\lambda$ )的 1/10 至 10 倍之間，精細週期性結構的作用有如繞射光柵(diffraction grating)，所以當光以大於一會發生全反射的臨限角之入射角入射於基板時，光會因為繞射效應(diffraction effect)而被允許傳播進基板內，此外，當週期性間隔是在波長( $\lambda$ )的 1/10 至波長的範圍之內，精細週期性結構的作用有如折射率逐漸減少，就結果來看，由於基板表面不會發生折射率的可觀改變，因此可避免反射，以提昇傳輸係數。

舉例來說，當光透過介於第一與第二材料之間的介面上所形成的精細週期性結構，從具有折射率“ $n_2$ ”的第二材料 20 入射至具有不同折射率“ $n_1$ ”的第一材料 10，而精細週期性結構的週期性間隔“ $P$ ”要比光的波長“ $\lambda$ ”足夠地小，則 TE 與 TM 波的有效折射率( $n_E, n_M$ )可以下列等式表示：

$$\langle n_E \rangle = \sqrt{\frac{a \cdot n_1^2 + b \cdot n_2^2}{a + b}} \quad \dots(1)$$

$$\langle n_M \rangle = \sqrt{\frac{a+b}{a/n_1^2 + b/n_2^2}} \quad \dots(2)$$

其中“a”為第二材料20的精細週期性結構的三角形突出物之一半寬度，而“b”為第一材料10的精細週期性結構的三角形突出物之一半寬度，因此，由於有效折射率逐漸改變，由這些精細週期性結構所形成的介面就好比一薄層，其具有介於第一與第二材料(10, 20)的折射率之中介折射率，因此，可有效降低反射現象。

在本發明中，超高強度短脈衝雷射光束的雷射能量密度是在1至100 mJ/mm<sup>2</sup>之間，由於精細週期性結構的週期性間隔係被增加的雷射能量密度逐漸地改變，因此藉由控制在此範圍內的雷射能量密度，可輕易地形成具有想要的週期性間隔之精細週期性結構。

在本發明中，精細週期性結構的週期性間隔也可藉由改變超高強度短脈衝雷射光束對金屬膜的照射角度而加以控制，也就是說，如第四圖所示，在雷射光束的偏振方向與雷射掃瞄方向一致，而雷射光束3係以一非90度的照射角度“ $\Theta$ ”被照射在金屬膜的情況下，當雷射光束3係以“S1”的方向掃瞄，精細週期性結構4的週期性間隔( $P_\Theta$ )可由以下的等式(3)決定，當雷射光束3係以“S2”的方向掃瞄，週期性間隔( $P_\Theta$ )可由以下的等式(4)決定，在這些等式中，“ $P_0$ ”是由垂直於金屬膜的雷射照射，所形成的精細週期性結構的週期性間隔。

$$P_\Theta = P_0 / (1 + \sin \Theta) \quad \dots(3)$$

$$P_\Theta = P_0 / (1 - \sin \Theta) \quad \dots(4)$$

此外，金屬膜的厚度也有可能會影響精細週期性結構的週期性間隔，也就是說，在使用較高的雷射能量密度時，如果金屬膜的厚度增加，有可能週期性間隔也會增加，在本發明中，金屬膜的厚度較佳為50 nm至1000 nm，所以，藉由選擇在此範圍內適當的金屬膜厚度，有可能也可輕易地控制週期性間隔。

在本發明中，較佳的做法為在雷射照射後對基板上被處理的表面進行蝕刻處理(etching treatment)，以蝕刻處理來說，可以用電漿蝕刻(plasma etching)或化學蝕刻(chemical etching)。在化學蝕刻中，較佳為使用氫氟酸(hydrofluoric acid)以選擇性地移除在基板上被處理的表面的殘餘物，舉例來說，可使用 5%的氫氟酸水溶液(hydrofluoric acid aqueous solution)執行 5 分鐘以上的蝕刻處理，藉由蝕刻處理，光可更有效地透過精細週期性結構傳播進基板內。

在經由雷射照射後，同樣地，較佳為結合在第一基板上形成的精細週期性結構與具有不同折射率的第二基板，在此範例中，具有精細週期性結構的第一基板擁有比第二基板要大的硬度(hardness)，所以，精細週期性結構可被緊密地貼合至具有較軟硬度的第二基板的表面，在介於第一與第二基板之間的介面形成高品質的精細週期性結構，同時避免產生孔洞(pore)。

另外較佳地，形成於第一基板的精細週期性結構係透過具有不同於第一、第二基板的折射率之中介層(intermediate layer)，與形成於第二基板的精細週期性結構相結合，在此範例中，由於用來形成中介層的材料具有比第一和第二基板要小的硬度，因此它可被緊密地貼合至這些基板的精細週期性結構，所以能夠獲得一種光學元件，其具有在第一與第二基板間沒有孔洞的介面，舉例來說，如第五圖所示，當第一基板 10 為具有折射率為 1.77 的藍寶石，而第二基板 20 為具有折射率為 1.5 的融化矽砂(fused silica)，中介層 30 較佳為利用具有折射率為 1.6 的丙烯酸樹脂(acrylic resin)，以便在其中形成具有梯度的折射率之光學元件，並可有效避免光的反射損失。此外，由於形成精細週期性結構造成鄰接光學基板間的介面之表面面積增加，達到提升傳輸係數的目的，而精細週期性結構可僅形成於第一或第二基板的任一個之上。

< 範例 1 至 12 >

範例 1 至 12 的每一個範例，會執行以下的雷射表面處理工作，也就是說，一單晶的藍寶石(sapphire single crystal)被當成基板使用，銅膜(copper film)藉由傳統的濺鍍(sputtering)方法被形成於基板上，厚度如表 1 所示，接著如第一圖所示，利用具有脈衝寬度為 100 fs 的超高強度短脈衝雷射光束，在 0.01 Pa 的低壓下照射銅膜以將其移除，雷射能量密度如表 1 所示，結果產生的精細週期性結構的週期性間隔可用掃描電子顯微鏡(scanning electron microscope, SEM)加以量測，結果如表 1 所示，除此之外，利用 SEM 拍攝範例 3、6、9、12 的精細週期性結構之影像係分別顯示於第六 A 圖至第 6D 圖中，在這些範例中所使用的雷射光束為線性偏振雷射，因此，精細週期性結構具有精細延長的突出物，朝著與偏振方向垂直的方向延伸，如第二 A 圖所示。

表 1

	金屬膜厚度( $\mu\text{m}$ )	雷射能量密度( $\text{mJ}/\text{mm}^2$ )	週期性間隔( $\text{nm}$ )
範例 1	100	5	167
範例 2	100	40	250
範例 3	100	80	270
範例 4	200	5	214
範例 5	200	40	300
範例 6	200	80	330
範例 7	300	5	214
範例 8	300	40	300
範例 9	300	80	750
範例 10	400	5	167
範例 11	400	40	330
範例 12	400	80	750

由表 1 的結果可以看出，針對銅膜的 4 種不同厚度(100、200、300、400 nm)，當雷射能量密度增加，週期性間隔會變大，此外，

當銅膜的厚度為 100nm，雷射能量密度對週期性間隔的影響相當小，不過，當銅膜的厚度為 300 nm 或更厚時，增加雷射能量密度會讓週期性間隔產生相當大的改變，因此，藉由選擇適當組合的金屬膜厚度與雷射能量密度，可以獲得具有想要的週期性間隔之精細週期性結構。

### < 範例 13 與 14 >

參考範例 13，銅膜係形成於融化矽砂(fused silica)的基板上，然後利用具有脈衝寬度為 100 fs 的超高強度短脈衝雷射光束照射銅膜以將其自基板上移除，雷射光束為線性偏振光束。同樣地，範例 14 的精細週期性結構是以基本上與範例 13 相同的程序形成在融化矽砂基板上，除了雷射光束是使用圓形偏振光束以外，在這幾個範例中，結果產生的精細週期性結構的週期性間隔約為 200 nm。

分別參考範例 13 與 14，融化矽砂基板的傳輸係數是藉由波長 670 nm 與 450 nm 的 2 條光加以量測，此外，沒有經過雷射表面處理的融化矽砂基板之傳輸係數同樣在表 2 中以對照範例 1 表示，結果呈現於表 2，從表 2 的結果可以了解，本發明所提出的雷射表面處理方法可提升傳輸係數。

表 2

	偏振方式	傳輸率 (%)	
		450 nm	670 nm
範例 13	線性偏振	94.0	96.2
範例 14	圓形偏振	95.7	96.2
對照範例 1	未經處理	93.3	93.7

### 【圖式簡單說明】

第一圖為本發明的雷射表面處理方法的圖示說明；

第二 A 圖所示為利用線性偏振雷射光束所獲得的精細週期性結構之 SEM 影像，第二 B 圖所示為利用圓形偏振雷射光束所獲得

的精細週期性結構之 SEM 影像，第二 C 圖所示為精細週期性結構之表面輪廓；

第三圖為 2 種具有精細週期性結構之間的介面的剖面圖示；

第四圖所示為雷射照射角與精細週期性結構的週期性間隔之間的關係；

第五圖為本發明的一個光學元件之剖面圖；以及

第六 A 圖至第六 D 圖分別為範例 3、6、9、12 中精細週期性結構的 SEM 影像。

【主要元件符號說明】

- 1 基板
- 2 金屬膜
- 3 雷射光束
- 4 精細週期性結構
- 10 第一基板
- 20 第二基板
- 30 中介層

### 五、中文發明摘要：

一種用以降低一光學材料的一表面的反射損失之雷射表面處理方法，一金屬膜被形成於該光學材料的該表面，接著該金屬膜係藉由一具有 1 毫微微秒(femtosecond, fs)至 100 微微秒(picosecond, ps)的一脈衝寬度之超高強度短脈衝雷射光束的照射而被移除，所以一精細週期性結構係被形成於藉由移除該金屬膜而被暴露的該光學材料的該表面，該被獲得的精細週期性結構具有較佳為 50 至 1000nm 的週期性間隔之粗糙度，可藉由改變該雷射能量密度而被控制。

### 六、英文發明摘要：

## 十、申請專利範圍：

1. 一種雷射表面處理方法，包含以下的步驟：  
在具有光學透明度的一基板的一表面上形成一金屬膜；以及  
藉由一具有 1 毫微微秒(fs)至 100 微微秒(ps)的一脈衝寬度之超高強度短脈衝雷射光束的照射移除該金屬膜，使得一具有較佳為 50 至 1000nm 的週期性間隔之精細週期性結構係被形成於藉由移除該金屬膜而被暴露的該光學材料的該表面。
2. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，其中該超高強度短脈衝雷射光束為一圓形或橢圓偏振的雷射光束。
3. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，其中該超高強度短脈衝雷射光束為線性偏振雷射光束。
4. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，其中該金屬膜具有一 50 nm 至 1000 nm 之厚度。
5. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，其中該金屬膜係由選自銅、鐵、金、銀、鋁、鎳、鎂、鈦、矽、不銹鋼、以及上述物質的合金之群組中的至少其中一種所組成。
6. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，其中該超高強度短脈衝雷射光束的一雷射能量密度係於 1 至 100 mJ/mm<sup>2</sup> 的一範圍內。
7. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，其中該金屬膜係被形成於該基板的一預定區域上，以及所有該金屬膜係由超高強度短脈衝雷射光束的照射被移除，所以該精細週期性結構係被形成於藉由移除該金屬膜而被暴露的該基板的該預定區域。
8. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，進一步包含改變該超高強度短脈衝雷射光束對該金屬膜的一照射角度，以控制該精細週期性間隔的該週期性間隔之步驟。
9. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，進一步包含在照射該超高強度短脈衝雷射光束之後執行一蝕刻處理方法之步驟。

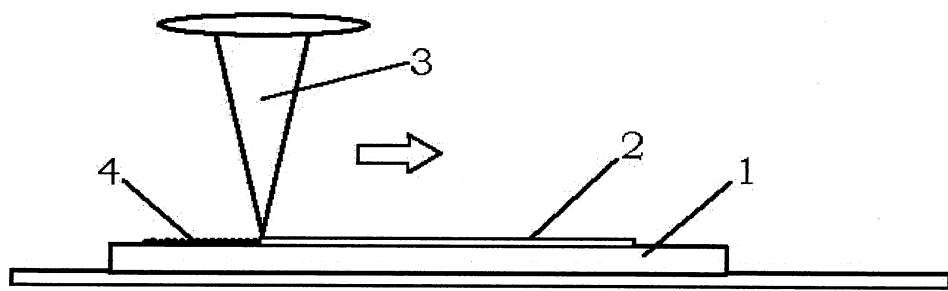


10. 如申請專利第 1 項所述之雷射表面處理方法，進一步包含結合該基板的該精細週期性結構與具有一與該基板不同的折射率的一第二基板之步驟。

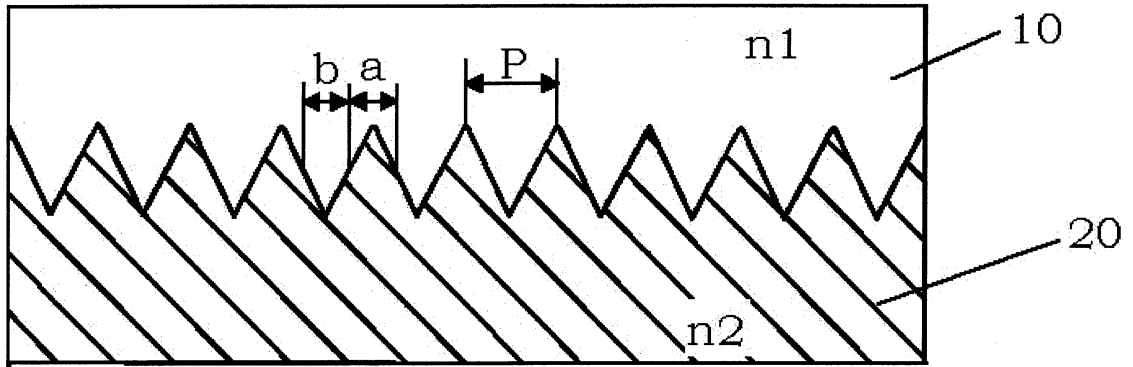
11. 如申請專利第 10 項所述之雷射表面處理方法，該基板的該精細週期性結構係透過一具有一與該基板以及該第二基板不同的折射率、以及一與該基板以及該第二基板不同的硬度之中介層與該第二基板結合。

✓ 12. 一種光學元件，其具有藉由如申請專利範圍第 1 項所述之雷射表面處理方法所形成的該精細週期性結構。

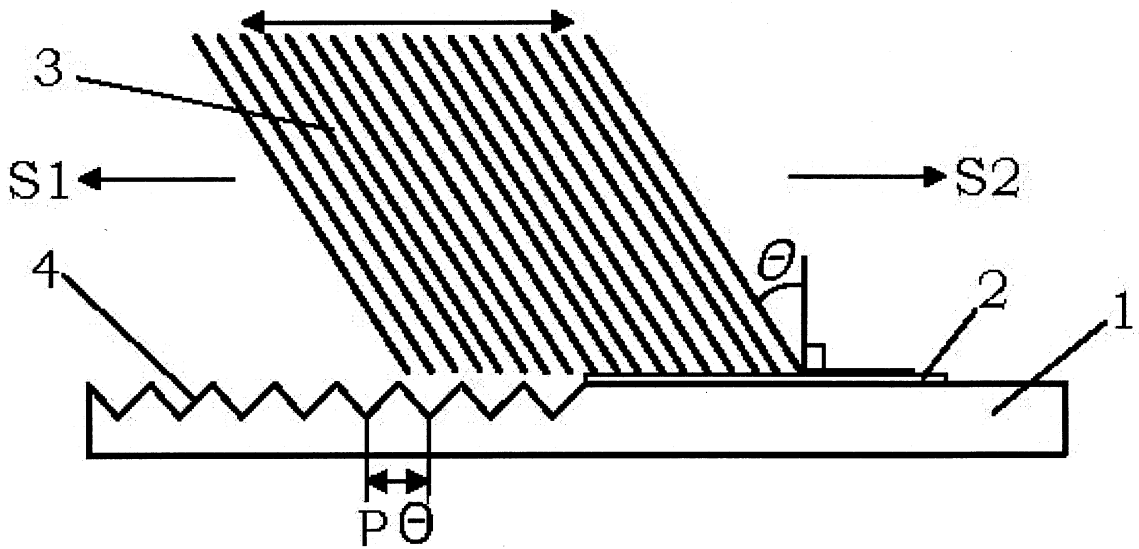
十一、圖式：



第一圖



第三圖



第四圖

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 一 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 基板
- 2 金屬膜
- 3 雷射光束
- 4 精細週期性結構

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。