



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202041847 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 11 月 16 日

(21)申請案號：109100221

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 03 日

(51)Int. Cl. : **G01N21/64 (2006.01)****G01N21/77 (2006.01)****G02B6/122 (2006.01)**

(30)優先權：2019/01/03 美國

62/788,057

(71)申請人：美商寬騰矽公司 (美國) QUANTUM-SI INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：普雷斯頓 凱爾 PRESTON, KYLE (US) ; 沉冰 SHEN, BING (CN) ; 卡畢里 阿里 KABIRI, ALI (CA) ; 史區米德 格瑞德 SCHMID, GERARD (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：96 項 圖式數：5 共 133 頁

(54)名稱

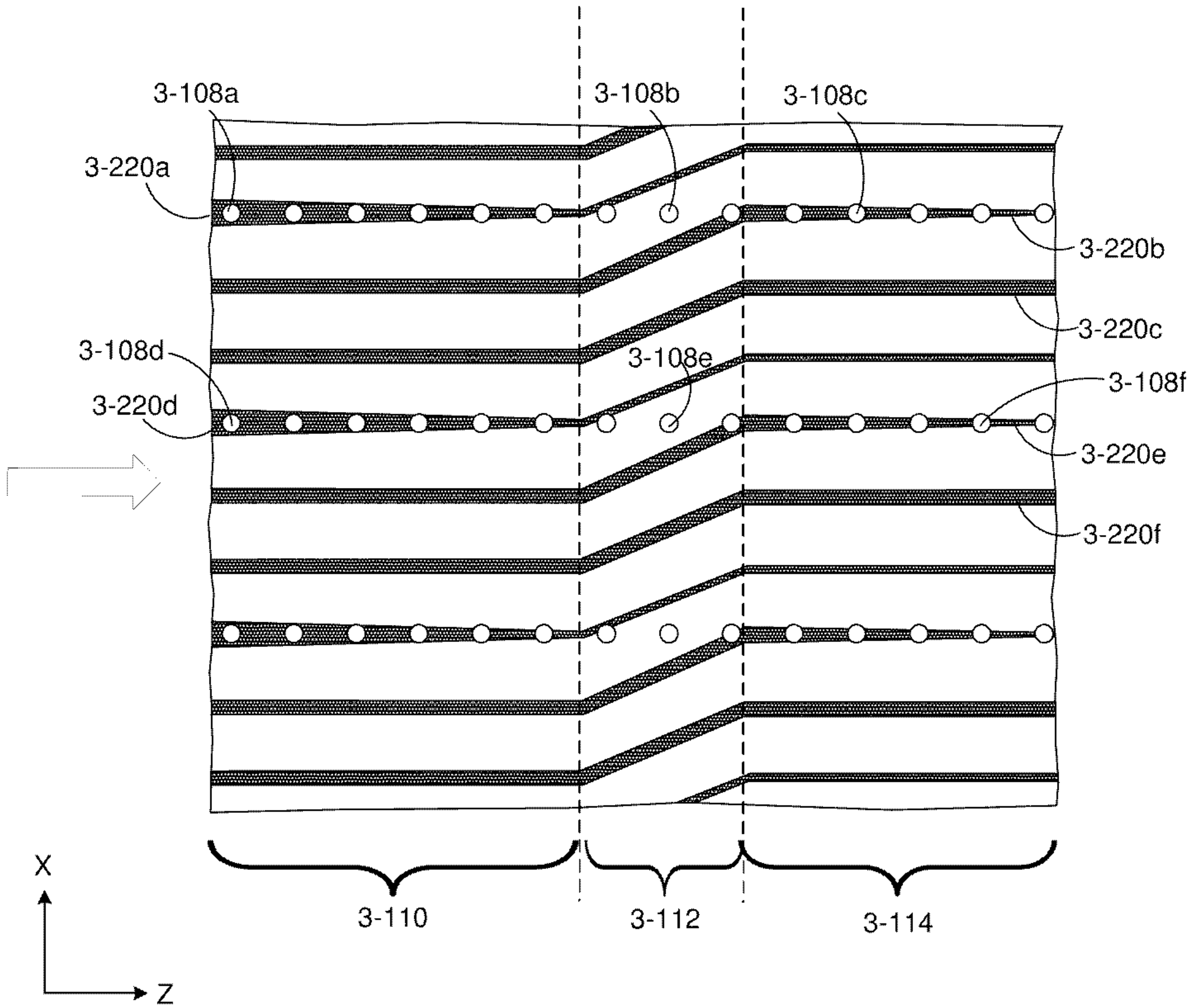
用於傳遞光至光子元件之陣列的光學波導及耦合器

(57)摘要

本發明揭示用於將光傳遞至一光子整合式裝置中之一光子元件陣列之光學波導及耦合器。該光子整合式裝置以及相關儀器及系統可用於並行分析樣本。該光子整合式裝置可包含一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自一外部光源接收光且與多個波導光學耦合，該多個波導經組態以與該光子整合式裝置之樣本井光學耦合。

Optical waveguides and couplers for delivering light to an array of photonic elements in a photonic integrated device. The photonic integrated device and related instruments and systems may be used to analyze samples in parallel. The photonic integrated device may include a grating coupler configured to receive light from an external light source and optically couple with multiple waveguides configured to optically couple with sample wells of the photonic integrated device.

指定代表圖：



【圖3-1】

符號簡單說明：

- 3-108a:樣本井
- 3-108b:樣本井
- 3-108c:樣本井
- 3-108d:樣本井
- 3-108e:樣本井
- 3-108f:樣本井
- 3-110:區域
- 3-112:區域
- 3-114:區域
- 3-220a:波導
- 3-220b:波導
- 3-220c:波導
- 3-220d:波導
- 3-220e:波導
- 3-220f:波導



202041847

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於傳遞光至光子元件之陣列的光學波導及耦合器

【英文發明名稱】

OPTICAL WAVEGUIDES AND COUPLERS FOR DELIVERING
LIGHT TO AN ARRAY OF PHOTONIC ELEMENTS

【中文】

本發明揭示用於將光傳遞至一光子整合式裝置中之一光子元件陣列之光學波導及耦合器。該光子整合式裝置以及相關儀器及系統可用於並行分析樣本。該光子整合式裝置可包含一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自一外部光源接收光且與多個波導光學耦合，該多個波導經組態以與該光子整合式裝置之樣本井光學耦合。

【英文】

Optical waveguides and couplers for delivering light to an array of photonic elements in a photonic integrated device. The photonic integrated device and related instruments and systems may be used to analyze samples in parallel. The photonic integrated device may include a grating coupler configured to receive light from an external light source and optically couple with multiple waveguides configured to optically couple with sample wells of the photonic integrated device.

【指定代表圖】

圖3-1

【代表圖之符號簡單說明】

- 3-108a: 樣本井
- 3-108b: 樣本井
- 3-108c: 樣本井
- 3-108d: 樣本井
- 3-108e: 樣本井
- 3-108f: 樣本井
- 3-110: 區域
- 3-112: 區域
- 3-114: 區域
- 3-220a: 波導
- 3-220b: 波導
- 3-220c: 波導
- 3-220d: 波導
- 3-220e: 波導
- 3-220f: 波導

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於傳遞光至光子元件之陣列的光學波導及耦合器

【英文發明名稱】

OPTICAL WAVEGUIDES AND COUPLERS FOR DELIVERING
LIGHT TO AN ARRAY OF PHOTONIC ELEMENTS

【技術領域】

【0001】本申請案一般而言係關於用於將光學能量耦合至一光子裝置中且將光學能量分佈至該裝置之多個區域之裝置、方法及技術。光子裝置可用於執行生物及/或化學樣本之並行定量分析(包含針對核酸定序及蛋白質定序)。

【先前技術】

【0002】能夠進行生物或化學樣本之大規模並行分析之儀器通常限制於實驗室環境，此乃因可包含以下各項之數個因素：該等儀器之較大大小、缺乏可攜性、需要熟習此項技術者來操作儀器、功率要求、需要一受控制操作環境以及成本。此外，生物或化學樣本之某種分析成批地執行，使得需要大量一特定類型之樣本來進行偵測及定量。

【0003】生物或化學樣本之分析可涉及用發射一特定波長之光之發光標記物給樣本加標籤、用一光源照射經加標籤樣本且用一光偵測器偵測發光之光。此等技術習用地涉及用以照射經加標籤樣本之昂貴雷射光源及系統以及用以自經加標籤樣本收集發光之複雜偵測光學器件及電子器件。

【發明內容】

【0004】某些實施例係針對於一種整合式光子裝置，其包括：複數

個樣本井，其配置成一行；一第一波導，其經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合；及一功率波導，其經組態以自該整合式光子裝置之與該列樣本井分開之一區域接收光且與該第一波導光學耦合。

【0005】某些實施例係針對於一種整合式光子裝置，其包括：配置成若干列之樣本井之一陣列；及複數個波導，其包含經定位以與一行中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。

【0006】某些實施例係針對於一種整合式光子裝置，其包括：至少一個波導及一光學耦合區域。該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0007】某些實施例係針對於一種整合式光子裝置，其包括至少一個波導及一光學耦合區域。該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0008】某些實施例係針對於一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：形成配置成一行之複數個樣本井；形成一第一波導，該第一波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合；及形成一功率波導，該功率波導經組態以自該整合式光子裝置之與該列樣本井分開之一區域接收光

且與該第一波導光學耦合。

【0009】某些實施例係針對於一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：形成配置成若干列之樣本井之一陣列；及形成複數個波導，該複數個波導包含經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。

【0010】某些實施例係針對於一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：形成至少一個波導；及形成一光學耦合區域。該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0011】某些實施例係針對於一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：形成至少一個波導；及形成一光學耦合區域。該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【圖式簡單說明】

【0012】將參考以下各圖闡述本申請案之各種態樣及實施例。應瞭解，各圖未必按比例繪製。在多個圖中出現之項目在其出現之所有圖中由相同元件符號指示。

【0013】圖1-1係根據某些實施例之一整合式裝置之一剖面圖。

【0014】圖1-2係根據某些實施例之一整合式裝置之一平面示意圖。

【0015】圖2-1A係根據某些實施例之接近於一錐形波導而定位之樣本井之一列的一平面示意圖。

【0016】圖2-1B係圖2-1A中所展示之樣本井之列及錐形波導之一剖面圖。

【0017】圖2-2係根據某些實施例之跨越所有1024個樣本井而達成最小相對強度所需的至一波導之功率輸入對頂部包覆物厚度的一圖。

【0018】圖2-3係根據某些實施例之沿著樣本井之一列之強度不均勻量對一錐形波導之頂部包覆物厚度的一圖。

【0019】圖2-4係根據某些實施例之相對強度對耦合至一錐形波導之樣本井之一列中之樣本井數目的一圖。

【0020】圖2-5係根據某些實施例之一錐形波導中之功率對耦合至錐形波導之樣本井之一列中之樣本井數目的一圖。

【0021】圖2-6係根據某些實施例之波導寬度對耦合至錐形波導之樣本井之一列中之樣本井數目的一圖。

【0022】圖2-7係根據某些實施例之至波導之功率輸入對每列之樣本井數目的一圖。

【0023】圖2-8係根據某些實施例之列效率對每列之樣本井數目的一圖。

【0024】圖3-1係根據某些實施例之一波導組態之一平面圖，該波導組態具有一列移位波導組態，其中使用多個波導將光傳遞至樣本井之個別列。

【0025】圖3-2係根據某些實施例之一波導組態之一平面圖，該波導

組態具有一功率波導及經定位以與一列中之樣本井之不同群組光學耦合之多個波導。

【0026】圖3-3係根據某些實施例之一波導組態之一平面圖，該波導組態具有一功率波導及經定位以與一列中之樣本井之不同群組光學耦合之多個波導。

【0027】圖3-4係根據某些實施例之一波導組態之一平面圖，該波導組態具有一功率波導及經組態以與該功率波導光學耦合之多個波導。

【0028】圖3-5係根據某些實施例之一波導組態之一平面圖，該波導組態具有一功率波導及一連續耦合器波導。

【0029】圖3-6係根據某些實施例之一波導組態之一平面圖，該波導組態具有一功率波導及一連續耦合器波導。

【0030】圖3-7係根據某些實施例之達成一最小相對強度所需的至一連續耦合器波導之功率輸入對與一功率波導之初始耦合分數的一圖。

【0031】圖3-8係根據某些實施例之針對一功率波導及連續耦合器波導組態之沿著樣本井之一列之強度不均勻量對與功率波導之初始耦合分數的一圖。

【0032】圖3-9係根據某些實施例之針對一功率波導及連續耦合器波導組態之相對強度對樣本井數目的一圖。

【0033】圖3-10係根據某些實施例之針對一功率波導及連續耦合器波導組態之一波導中之功率對樣本井之一列中之樣本井數目的一圖。

【0034】圖3-11係根據某些實施例之一功率波導與一連續耦合器波導之間的一間隙之一尺寸對樣本井數目的一圖。

【0035】圖3-12係根據某些實施例之針對一功率波導及連續耦合器

波導組態之至一波導之功率輸入對每列之樣本井數目的一圖。

【0036】圖3-13係根據某些實施例之針對一功率波導及連續耦合器波導組態之由每單位功率之樣本井數目量測之列效率對每列之樣本井數目的一圖。

【0037】圖4-1係根據某些實施例之一變跡光柵耦合器之一剖面圖。

【0038】圖4-2係根據某些實施例之針對一變跡光柵耦合器之耦合效率對一底部包覆層之厚度的一圖。

【0039】圖4-3係根據某些實施例之針對一變跡光柵耦合器之耦合效率對橫向尺寸誤差的一圖。

【0040】圖4-4係根據某些實施例之一炫耀光柵耦合器之一剖面圖。

【0041】圖4-5係根據某些實施例之針對一炫耀光柵耦合器之耦合效率對一底部包覆層之厚度的一圖。

【0042】圖4-6係根據某些實施例之一色彩熱圖標繪參數 a_2 對 a_1 之一灰階版本，其中色彩之變化對應於一炫耀光柵耦合器之耦合效率。

【0043】圖4-7係根據某些實施例之一色彩熱圖標繪參數 a_2 對 a_1 之一灰階版本，其中色彩之變化對應於一炫耀光柵耦合器之耦合效率。

【0044】圖4-8係根據某些實施例之一雙層光柵耦合器之一剖面圖。

【0045】圖4-9係根據某些實施例之針對一雙層光柵耦合器之耦合效率對一底部包覆層之厚度的一圖。

【0046】圖4-10係根據某些實施例之一色彩熱圖標繪參數 D_{Offset} 對工作循環之一灰階版本，其中色彩之變化對應於一雙層光柵耦合器之耦合效率。

【0047】圖4-11係根據某些實施例之一色彩熱圖標繪參數 D_{Offset} 對工

作循環之一灰階版本，其中色彩之變化對應於一雙層光柵耦合器之耦合效率。

【0048】圖4-12係根據某些實施例之一光柵耦合器之一剖面圖。

【0049】圖4-13係根據某些實施例之一光柵耦合器之一剖面圖。

【0050】圖4-14係根據某些實施例之一寬頻光柵耦合器之一平面圖之一示意圖。

【0051】圖4-15係根據某些實施例之針對具有一寬頻組態之一光柵耦合器之頻寬對填充因子的一圖。

【0052】圖4-16係根據某些實施例之針對具有一寬頻組態之一光柵耦合器之峰值波長對填充因子的一圖。

【0053】圖4-17係根據某些實施例之針對具有一寬頻組態之一光柵耦合器之峰值效率對填充因子的一圖。

【0054】圖4-18係根據某些實施例之一光柵耦合器之一平面圖之一示意圖。

【0055】圖4-19係根據某些實施例之一光柵耦合器之一平面圖之一示意圖。

【0056】圖4-20係根據某些實施例之一光柵耦合器之一平面圖之一示意圖。

【0057】圖5-1A係根據某些實施例之一整合式裝置及一儀器之一方塊圖。

【0058】圖5-1B係根據某些實施例之包含一整合式裝置之一設備之一示意圖。

【0059】圖5-2係根據某些實施例之具有一樣本井、光學波導及時間

分級光偵測器之一像素之一示意圖。

【0060】圖5-3係根據某些實施例之可在一樣本井內發生之一例示性生物反應之一示意圖。

【0061】圖5-4係根據某些實施例之針對具有不同衰減特性之兩個不同螢光團之發射機率曲線的一圖。

【0062】圖5-5係根據某些實施例之螢光發射之時間分級偵測之一圖。

【0063】圖5-6係根據某些實施例之一例示性時間分級光偵測器。

【0064】圖5-7A係根據某些實施例之圖解說明來自一樣本之螢光發射之脈衝激發及時間分級偵測的一示意圖。

【0065】圖5-7B係根據某些實施例之在一樣本之重複脈衝激發之後在各種時間分級箱中累積之螢光光子計數的一直方圖。

【0066】圖5-8A至圖5-8D係根據某些實施例之可對應於四個核苷酸(T、A、C、G)或核苷酸類似物之不同直方圖。

【實施方式】

相關申請案交叉參考

【0067】此申請案根據35 U.S.C. § 119(e)主張標題為「OPTICAL WAVEGUIDES AND COUPLERS FOR DELIVERING LIGHT TO AN ARRAY OF PHOTONIC ELEMENTS」且於2019年1月3日提出申請之美國臨時專利申請案第62/788,057號之權益，該美國臨時專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。

【0068】I. 導論

【0069】本申請案之態樣係關於能夠並行地分析樣本(包含識別單個

分子及核酸定序)之整合式裝置、儀器及相關系統。此一儀器可為緊湊的、易於攜載且易於操作，從而允許一醫師或其他提供者容易地使用該儀器並將該儀器運輸至可需要進行護理之一所要位置。分析一樣本可包含用一或多個螢光標記物來標記樣本，該一或多個螢光標記物可用於偵測樣本及/或識別樣本之單個分子(例如，作為核酸定序之一部分之個別核苷酸識別)。一螢光標記物可回應於用激發光(例如，具有可將螢光標記物激發至經激發狀態之一特性波長之光)照射螢光標記物而被激發，且若螢光標記物被激發，則發射發射光(例如，具有由螢光標記物藉由自經激發狀態返回至一基態而發射之一特性波長之光)。偵測發射光可允許識別螢光標記物以及因此識別由螢光標記物標記之樣本或樣本之一分子。根據某些實施例，儀器可能夠進行大規模並行樣本分析且可經組態以同時處置數以萬計之樣本或更多樣本。

【0070】發明人已認識到並瞭解，可使用一整合式裝置以及經組態以與該整合式裝置介接之一儀器來達成對此數目個樣本之分析，該整合式裝置具有經組態以接收一樣本之樣本井及形成於該整合式裝置上之整合式光學器件。儀器可包含一或多個激發光源，且整合式裝置可與儀器介接，使得使用形成為整合式裝置之一部分之整合式光學組件(例如，波導、光學耦合器、分光器)將激發光傳遞至樣本井。光學組件可改良跨越整合式裝置之樣本井之照射均勻度且可減少可原本需要之大量外部光學組件。此外，發明人已認識到並瞭解，將光偵測器整合於整合式裝置上可改良自樣本井之螢光發射之偵測效率且減少可原本需要之光收集組件之數目。

【0071】根據某些實施例，整合式裝置具有一樣本井陣列(此允許跨越該陣列而對多個樣本進行多工分析)及經組態以將激發光傳遞至樣本井

陣列之一光學系統。整合式裝置之效能可取決於整合式裝置使用光學系統來跨越樣本井陣列傳遞激發光之能力。另外，整合式裝置之效能可與光學系統以一實質上均勻方式將激發光傳遞至個別樣本井(諸如藉由將一相對恆定強度或電場強度傳遞至個別樣本井)之能力相關。具體而言，與光學系統相關聯之效能相關因素可包含：由樣本井進行之散射及/或吸收引起之光學損失、一光學耦合器(例如，經組態以自一外部光源接收光之一光柵耦合器)之耦合效率、由在多個波導當中分離激發光引起之光學損失以及個別波導與多個樣本井之耦合效率。

【0072】為增加整合式裝置之多工能力，可期望增加陣列中之樣本井之數目以允許在使用整合式裝置時在任何特定時間分析較多樣本之能力。由於整合式裝置係藉由增加樣本井之數目而縮放，因此可由於此等因素中之一或多者而對整合式裝置之效能引起挑戰。舉例而言，樣本井之一列可藉由耦合至光學系統之一波導而接收光，使得當光沿著波導傳播時，該列中之樣本井接收光之一部分。光學損失可由個別樣本井散射及/或吸收光引起，此可累積地導致該列中之最後樣本井(例如，遠離波導之光學輸入端)接收比該列中之第一樣本井(例如，接近於波導之光學輸入端之樣本井)低之一強度或電場強度。此光學損失可影響藉由使用整合式裝置而進行之量測之信號雜訊比。隨著將更多樣本井添加至一陣列，此等光學損失可導致信號雜訊比之進一步減小，此可影響所進行之分析之品質及可靠性。

【0073】因此，本申請案之態樣係關於包含於整合式裝置之一光學系統中之可允許在一樣本井陣列當中之經改良光分佈的光學組件及特定配置。此等光學組件及配置可允許以一實質上均勻方式傳遞光，使得個別樣

本井(包含同一列內之樣本井)接收一類似強度及/或電場強度。本文中所闡述之光學組件及配置可允許在陣列中具有較大數目個樣本井之整合式裝置之實施方案，以及在跨越陣列而分析樣本時之一所要效能。

【0074】作為按比例增加陣列中之樣本井數目之一部分之額外考量可包含製作成本及約束。因此，本申請案之態樣係關於考量製作成本及約束(例如，藉由減少製作步驟之數目或複雜性)同時允許所得整合式裝置達成一所要光學效能之光學組件及系統。

【0075】儘管結合將激發光傳遞至一樣本井陣列而論述如本申請案中所闡述之用於一光學系統之技術，但應瞭解，可在涉及將光分佈至一光子裝置內之一光子元件陣列之其他內容脈絡中單獨地或以組合形式使用此等技術中之一或多者。舉例而言，可在一光學組件陣列(諸如一感測器陣列)中實施本申請案之技術。另外，應瞭解，本文中所闡述之技術並不限於分析生物或化學樣本之內容脈絡，而是可在其中期望以一實質上均勻方式在諸多光子元件當中分佈光之應用中實施。

【0076】整合式裝置之光學系統可被視為具有以下三個區段：(1)一光柵耦合器，其將來自一外部光源(例如，儀器之一激發光源)之光耦合至整合式裝置之波導中；(2)光學路由網路，其在遍及整合式裝置而分佈之個別波導當中分離自光柵耦合器接收之光(例如，透過分光器之一組合)；(3)陣列波導，其經組態以照射整合式裝置之陣列中之樣本井。整合式裝置之效能可取決於光學系統之此等區段中之任一者之光學效能。因此，本申請案之態樣係關於整體光學系統之此等區段中之一或多者。

【0077】本申請案之某些態樣係關於光柵耦合器組態，該等光柵耦合器組態可允許在將來自一外部光源之光耦合至光學系統之其他光學組件

中時之一所要光學效率。在某些例項中，一特定光柵耦合器組態可減少對於併入可原本用於改良光學效率之其他光學組件之需要。舉例而言，某些光柵耦合器可允許在無需具有經定位以將通過光柵耦合器之光反射回至光柵耦合器之一反射層之情況下達成一所要光學效率，其中可另外針對用以達成相同所要光學效率之其他光柵耦合器需要此一反射層。

【0078】可影響整合式裝置之整體效能之另一態樣係將外部光源與光柵耦合器對準之能力，包含易於在將外部光源與多個整合式裝置對準之諸多反覆內執行對準。在某些例項中，將外部光源與一光柵耦合器對準可涉及在入射至光柵耦合器之一特定角度範圍內對準一激發光束。某些光柵耦合器組態可具有極小或不具有製作公差，其中對多個整合式裝置之製作可導致彼等裝置具有經組態以與處於不同角度範圍之入射光耦合之光柵耦合器。此等光柵耦合器組態之此極小或無製作公差可在裝置用於分析之情況下因增加在自一個裝置轉變至另一裝置時執行光學對準所需之時間量而在執行外部光源之對準時引起挑戰。發明人已認識到並瞭解，具有多個層及/或非週期性光柵之一光柵耦合器可適應使一入射光被視為與光柵耦合器對準之一較寬廣角度範圍並達成一所要耦合效率，且因此可提供對跨越多個整合式裝置之製作變化較寬容之益處。

【0079】在某些實施例中，整合式光子裝置可包含一光柵耦合器，該光柵耦合器具有關於實質上平行於表面之一平面不對稱之材料結構。材料結構可包含在實質上平行於該平面之方向上彼此橫向地偏移之兩個或兩個以上材料層。可藉由至少部分地蝕刻光柵耦合器之一或多個層而形成該等材料結構。在某些實施例中，材料結構可相對於實質上垂直於整合式光子裝置之表面之一平面係不對稱的。在某些實施例中，兩個或兩個以上材

料層可彼此接觸。在某些實施例中，兩個或兩個以上材料可彼此間隔開一距離。在某些實施例中，光柵耦合器係一炫耀光柵耦合器。

【0080】 在某些實施例中，光柵耦合器係一變跡光柵耦合器，該變跡光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構。該等材料結構可具有可變寬度。該等材料結構可藉由具有可變寬度之間隙而彼此間隔開。介電材料可形成於間隙中。

【0081】 本申請案之某些態樣係關於可允許以一實質上均勻方式照射大量樣本井或其他光子元件之波導組態。此等波導組態可允許一整合式裝置在樣本井陣列之個別列中具有較多樣本井(例如，在一列中多於2,000個樣本井)。發明人已認識到並瞭解，使用多個波導來與樣本井之一列耦合可克服與使用僅一單個波導來照射該列相關聯之限制，包含減少針對該列中之遠離光學輸入端而定位之樣本井之光學損失的影響。因此，某些實施例係關於具有經組態以與樣本井之一列光學耦合之多個波導之一整合式裝置。雖然結合樣本井之一列而闡述光學耦合技術，但應瞭解，此等技術可用於與樣本井之其他配置(例如，樣本井之一行)光學耦合。

【0082】 某些實施例係關於具有經組態以與同一列內之樣本井之不同群組光學耦合之多個波導的一列移位波導組態。在某些實施例中，該列中之樣本井中之某些樣本井可定位於不同波導之間的一過渡區域中且可接收比經組態以與波導中之一者光學耦合之其他樣本井少的光功率。

【0083】 某些實施例係關於波導組態，該等波導組態具有一功率波導以及經組態以與功率波導及一系列中之樣本井光學耦合之一或多個波導。在某些實施例中，一或多個波導可透過一功率分配器而與功率波導光學耦合。在某些實施例中，一波導可經組態以沿著該波導之長度與功率波導弱

耦合。在此等實施例中，功率波導可在光沿著該波導傳播時補償光學損失。

【0084】下文進一步闡述上文所闡述之態樣及實施例以及額外態樣及實施例。此等態樣及/或實施例可個別地、一起或者以兩者或兩者以上之任何組合來使用，此乃因在此態樣中應用並不受限制。

【0085】II. 整合式裝置

【0086】A. 概述

【0087】在圖1-1中展示圖解說明像素1-112之一列之整合式裝置1-102之一剖面圖。整合式裝置1-102可包含耦合區域1-201、路由區域1-202及像素區域1-203。如本文中所論述，整合式裝置之一光學系統可包含可位於整合式裝置之區域1-201、1-202及1-203內之不同類型之光學組件。耦合區域1-201可包含光柵耦合器1-216，該光柵耦合器可經組態以接收激發光(由虛線箭頭展示)且將激發光傳播至路由區域1-202中之一或多個光學組件。路由區域1-202可包含一光學路由網路，該光學路由網路經組態以在多個波導1-220當中分離光且經組態以將光傳播至像素區域1-203。像素區域1-203可包含具有樣本井1-108之複數個像素1-112，該等樣本井定位於與耦合區域1-201分開之一位置處之一表面上，該位置係激發光(由虛線箭頭展示)耦合至整合式裝置1-102之處。樣本井1-108可透過金屬層1-106而形成。由虛線矩形圖解說明之一個像素1-112係整合式裝置1-102之一區域，該區域包含一樣本井1-108以及具有一或多個光偵測器1-110之光偵測器區域。

【0088】圖1-1圖解說明藉由將一激發光束耦合至耦合區域1-201且將激發光引導至樣本井1-108而穿過整合式裝置之激發光路徑(以虛線展

示)。圖1-1中所展示之樣本井1-108之列可經定位以與波導1-220光學耦合。激發光可照射位於一樣本井內之一樣本。樣本可回應於由激發光照射而達到經激發狀態。當一樣本係處於經激發狀態中時，樣本可發射發射光，該發射光可由與樣本井相關聯之一或多個光偵測器偵測到。圖1-1示意性地圖解說明自像素1-112之一樣本井1-108至光偵測器1-110之發射光路徑(展示為實線)。像素1-112之光偵測器1-110可經組態及定位以偵測來自樣本井1-108之發射光。適合光偵測器之實例闡述於標題為「INTEGRATED DEVICE FOR TEMPORAL BINNING OF RECEIVED PHOTONS」之美國專利申請案14/821,656中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。適合光偵測器之額外實例闡述於2017年12月22日提出申請之標題為「INTEGRATED PHOTODETECTOR WITH DIRECT BINNING PIXEL」之美國專利申請案第15/852,571號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。針對一個別像素1-112，一樣本井1-108與其各別光偵測器1-110可沿著一共同軸線(沿著圖1-1中所展示之y方向)對準。以此方式，光偵測器可在一像素1-112內與樣本井重疊。

【0089】在圖1-2中展示圖解說明五個像素列之整合式裝置1-102之一平面圖。如圖1-2中所展示，樣本井1-108a與樣本井1-108b位於同一列中且樣本井1-108c與樣本井1-108d位於同一列中。本申請案之態樣係關於用於接收入射至耦合區域1-201之激發光並將激發光傳播至樣本井1-108之陣列之技術。此等技術可包含使一或多個光學光柵耦合器定位於耦合區域1-201及波導架構中、定位於路由區域1-202及/或像素區域1-203中，以用於將來自耦合區域1-201之激發光傳遞至個別樣本井1-108。

【0090】B. 波導架構

【0091】某些實施例係關於具有一或多個錐形波導之一整合式裝置。一錐形波導具有一或多個尺寸，該一或多個尺寸沿著波導之長度且在穿過波導之光傳播之方向上變化。舉例而言，沿著一波導之長度具有一變化寬度之該波導可被視為一錐形波導。沿著一錐形波導傳播之光之特性可取決於錐形波導之改變之一或多個尺寸而變化。在以一實質上均勻方式在一樣本井陣列當中分佈光之內容脈絡中，可將一錐形波導實施為在接近於錐形波導而定位之樣本井之一群組當中提供一類似量之光強度之一技術。在整合式裝置之某些實施例中，一錐形波導可經定位以與樣本井陣列中之樣本井之一列耦合，其中波導之錐度經適當地定尺寸以允許在該列中之個別樣本井處之一類似量之光強度。錐形波導可與該列中之樣本井漸逝耦合且波導之寬度可為錐形的以在較接近於波導之光輸入端處提供一較弱漸逝場並在遠離波導之光輸入端處提供一較強漸逝場。此一波導組態可允許由波導在樣本井之列當中傳遞比在使用具有一恆定寬度之一波導之情況下更均勻之一激發強度。

【0092】圖2-1A圖解說明在沿著錐形波導2-220之一列中之樣本井(包含樣本井1-108e及1-108f)之一平面圖，其中光在對應於圖2-1A中所展示之箭頭之側處輸入至波導2-220且沿著z方向傳播。如圖2-1A中所展示，錐形波導2-220之寬度沿著樣本井之列變化，其中波導2-220在接近於輸入側(較接近於箭頭)處具有比在遠離輸入側處大的寬度。因此，樣本井1-108e定位於波導2-220之一區域上方，該區域具有比波導2-220之其中樣本井1-108f定位於其上方之區域大的寬度。圖2-1B係圖2-1A中所展示之樣本井1-108之列之一剖面圖且圖解說明光模輪廓如何沿著錐形波導2-220

之長度(沿著z方向)變化。當光沿著錐形波導2-220傳播時，變化之光模輪廓影響到達接近於一樣本井之底部之一照射區域之強度量。特定而言，接近於樣本井1-108e之錐形波導2-220之較大寬度在樣本井1-108e之一照射區域內提供較小強度，而接近於樣本井1-108f之錐形波導2-220之較小寬度在樣本井1-108f之一照射區域內具有較大強度。在某些實施例中，頂部包覆層2-222之一或多個特性(例如，厚度、材料)可影響波導2-220之錐形形狀。

【0093】另外，一錐形波導可具有計及沿著波導之長度之光學損失之一組態，該光學損失包含與由接近於波導而定位之樣本井進行之吸收及散射相關聯之光學損失。在某些實施例中，波導之錐度之組態可跨越樣本井陣列而提供一所要功率效率，使得當光沿著波導傳播時，減少或防止由光功率損失引起的樣本井所接收光之強度之變化。此等組態可允許光功率損失作為導致跨越樣本井陣列之非均勻激發光傳遞之一因素而被有效地消除。

【0094】特定而言，一波導中之功率如根據函數 $\frac{dP}{dz} = -\alpha P$ 而降低，其中傳播損失 α 係波導寬度、頂部包覆物組態(例如，頂部包覆物厚度、材料)及樣本井組態(例如，樣本井深度)之一函數。另外，樣本井之一照射區域內之強度取決於波導寬度、頂部包覆物組態(例如，頂部包覆物厚度、材料)及樣本井組態(例如，樣本井深度)。在判定一錐形波導之一錐形形狀時，在一特定位置處之波導之尺寸可取決於與先前樣本井相關聯之功率損失及在該位置處達成一所要強度所需之波導寬度。在某些實施例中，錐形波導2-220可具有一非線性錐形形狀。在此等實施例中，波導寬度可由一最大值及一最小值限界且沿著波導之寬度變化可非線性地變化以

在耦合至波導之所有樣本井當中達成實質上均勻強度。在某些實施例中，錐形波導2-220可具有一線性形狀，其中波導之寬度在一最大值與一最小值之間線性地變化以在耦合至波導之所有樣本井當中達成實質上均勻強度。

【0095】根據本文中所闡述之某些實施例，可藉由將由經定位以與波導耦合之一樣本井接收之最高強度與由經定位以與波導耦合之一樣本井接收之最低強度相關而針對一特定波導判定「實質上均勻強度」。在某些實施例中，針對耦合至一波導之樣本井之一群組之「實質上均勻強度」可對應於由該群組中之樣本井接收之最高強度與最低強度之比率大約等於1 (例如，等於 $1 \pm 5\%$ 、等於 $1 \pm 10\%$)。

【0096】頂部包覆層2-222之厚度可影響由一系列中之樣本井接收之強度之均勻度。圖2-2及圖2-3展示模擬結果，其中頂部包覆物厚度變化且具有一非線性錐形之一波導經設計以針對一系列1024個樣本井達成一相對強度最小值。波導具有120 nm之一厚度、300 nm之一最小寬度值及1300 nm之一最大寬度值。樣本井具有300 nm之一深度。圖2-2展示跨越所有1024個樣本井而達成最小相對強度所需的至波導之功率輸入對頂部包覆物厚度的一圖。圖2-2中所展示之圖圖解說明如何在380 nm與400 nm之間存在頂部包覆層2-222之厚度之一最佳值，在此處至波導之輸入功率係處於一最小值。圖2-3展示沿著樣本井之列之強度不均勻量對頂部包覆物厚度之一圖，其中不均勻度對應於一樣本井處之最高強度與一樣本井處之最低強度之比率。一不均勻度值等於1對應於最高強度與最低強度值相等，且因此對應於其中在該列中之所有樣本井處存在均勻強度之一情景。轉至圖2-2及圖2-3兩者，在輸入功率、頂部包覆物厚度與不均勻度之間存在一

平衡。特定而言，當頂部包覆層比其最佳值厚時，可達成等於1之一不均勻度但係在比頂部包覆物厚度處於其最佳值之情況下高的一輸入功率下。

【0097】圖2-4、圖2-5及圖2-6展示針對具有395 nm之一頂部包覆物厚度層之一列1024個樣本井而組態之一錐形波導之模擬結果。圖2-4係相對強度對樣本井數目之一圖且展示個別樣本井處之相對強度如何跨越所有樣本井而係均勻的。圖2-5係波導中之功率對一系列中之樣本井數目之一圖且展示光功率如何沿著樣本井之列降低。圖2-6係波導寬度對一系列中之樣本井數目之一圖且展示用於獲得圖2-4中所展示之均勻強度之波導之錐形輪廓。

【0098】波導之長度及該列中之樣本井數目係可影響在樣本井之一列當中分佈之強度均勻度之額外參數。圖2-7及圖2-8展示經設計以針對一系列中之不同數目個樣本井而具有均勻強度之錐形波導之模擬結果。具體而言，圖2-7係至波導之功率輸入對每列之樣本井數目之一圖且圖2-8係列效率(其對應於每單位功率之感測器數目)對每列之樣本井數目之一圖。如圖2-7中所展示，輸入功率隨著該列中之樣本井數目增加而增加。圖2-8圖解說明效率如何隨著該列中之樣本井數目增加而降低。

【0099】儘管在整合式裝置中使用錐形波導可在以一實質上均勻方式於樣本井當中傳遞激發光時提供某些益處，但在使用錐形波導時可存在限制，此乃因整合式裝置係藉由增加樣本井數目而縮放。如結合圖2-7及圖2-8所論述，隨著一系列中之樣本井數目增加，需要至波導之更多功率輸入且列效率降低。發明人已認識到並瞭解，使用多個波導來與樣本井之一列耦合可克服與僅使用一錐形波導相關聯之此等限制。與原本使用一單個錐形波導所達成之情況相比，使用多個波導可允許樣本井之一更長列具有

一實質上均勻強度。因此，某些實施例係關於具有經組態以與樣本井之一列光學耦合之多個波導之一整合式裝置。根據某些實施例，此等組態可與錐形波導組合使用。在此等實施例中，與樣本井之一單個列光學耦合之多個波導可至少在其中波導與該列中之樣本井之一子集耦合之一區域內係錐形的。與使用一單個波導相比，此一組態可允許列具有更高數目個樣本井來接收一類似強度。

【0100】 在整合式裝置之某些實施例中，一第一波導經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合且一第二波導經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合。在樣本井之第一群組與第二群組之間，第一波導及第二波導可相對於樣本井之列在定位中移位。此一組態可被視為在樣本井之第一群組與第二群組之間具有一波導「列移位」。列移位之位置可對應於當第一波導與樣本井之列之耦合效率或者在第一波導內傳播之功率下降至一特定量使得裝置之效能受影響時。使用一第二波導來繼續將光傳遞至該列中之後續樣本井消除了僅使用第一波導之此等限制。可包含額外波導且該等額外波導經定位以與同一列中之樣本井之額外群組光學耦合。可在樣本井陣列中之其他列中實施此波導組態以增加該陣列中之樣本井數目(諸如藉由增加個別列中之樣本井數目)。

【0101】 圖3-1係圖解說明一列移位波導組態之一整合式裝置之一平面圖，其中使用多個波導將光傳遞至樣本井之個別列。至波導之光輸入之方向由箭頭展示且係在z方向上。圖3-1展示樣本井之三個列，包含具有樣本井3-108a、3-108b及3-108c之一列以及具有樣本井3-108d、3-108e及3-108f之一列，其中三個波導經定位以與該等列中之樣本井之三個不同群組光學耦合(例如，漸逝耦合)。舉例而言，波導3-220a經定位以與樣本井3-

108a光學耦合，而波導3-220b經定位以與樣本井3-108c光學耦合。作為另一實例，波導3-220d經定位以與樣本井3-108d光學耦合，而波導3-220e經定位以與樣本井3-108f光學耦合。波導之光學耦合可透過漸逝耦合而發生，其中一波導以一適合距離定位於樣本井下方(諸如由圖1-1中之波導1-220所展示)以使樣本井接收沿著波導傳播之光模之一部分。根據某些實施例，波導3-220a可經定位以與樣本井3-108a及區域3-110內之同一列中之其他樣本井漸逝耦合，且波導3-220b可經定位以與樣本井3-108c及區域3-114內之同一列中之其他樣本井漸逝耦合。額外波導可用於將光傳遞至同一列中之後續樣本井。舉例而言，圖3-1展示可與不存在於圖3-1中所展示之視圖中之額外樣本井耦合之波導3-220c及3-220f。特定而言，在區域3-114後面的一額外列移位區域之後，波導3-220c可與在與樣本井3-108c同一列中之樣本井耦合且波導3-220e可與在與樣本井3-108f同一列中之樣本井耦合。

【0102】 同一列中之樣本井可對應於沿著一共同軸線實質上對準之樣本井。針對一特定列，區域3-110中之樣本井群組可沿著一軸線實質上對準。如圖3-1中所展示，樣本井3-108a、3-108b及3-108c沿著一軸線(在z方向上)對準且被視為在同一列中。波導可相對於該軸線而定位。在某些實施例中，經組態以與樣本井之一群組耦合之一波導之一部分可實質上平行於該軸線，且多個波導可與樣本井之不同群組光學耦合並沿著樣本井之一列在不同部分處實質上平行於該軸線。如圖3-1中所展示，波導3-220a在區域3-110內實質上平行於沿著樣本井3-108a、3-108b及3-108c之一軸線且波導3-220b在區域3-114內實質上平行於該軸線。

【0103】 波導之間的時間隔可使得波導彼此有效地光學解耦。在某些

實施例中，一個波導可與另一波導分開，使得在該兩個波導之間不存在或存在極少漸逝耦合。在某些實施例中，兩個波導之間的橫向距離可取決於波導經組態以具有之光模大小。

【0104】圖3-1中所展示之波導組態具有區域3-110、3-112及3-114。區域3-110係一第一波導(諸如波導3-220a)與一列中之樣本井之第一群組(諸如樣本井3-108a)光學耦合之處，從而將光傳遞至樣本井之第一群組。區域3-114係一第二波導(諸如波導3-220b)與該列中之樣本井之第二群組(諸如樣本井3-108c)光學耦合之處，從而將光傳遞至樣本井之第二群組。區域3-112對應於第一波導與第二波導之間的列移位發生之處。如圖3-1中所展示，列移位組態包含使波導彎曲，使得第一波導並不經定位以與該列中之樣本井光學耦合，而第二波導經定位以與該列中之樣本井光學耦合。列移位組態導致第一波導與區域3-110中之一樣本井之間的距離小於第一波導與區域3-112中之一樣本井之間的距離。列移位組態進一步導致第二波導與區域3-114中之一樣本井之間的距離小於第二波導與區域3-112中之一樣本井之間的距離。舉例而言，波導3-220a及3-220d在區域3-112中彎曲以自其各別樣本井列偏移(沿著x方向)，其中偏移沿著穿過波導之光傳播方向增加。另外，波導3-220b及3-220e在區域3-112中彎曲且自其各別樣本井列偏移(沿著x方向)，但偏移沿著穿過波導之光傳播方向降低以將波導3-220b及3-220e定位成較接近於樣本井列。區域3-112中之列移位輪廓可具有任何適合輪廓及/或長度。雖然圖3-1中所展示之波導在區域3-112中具有一類似列移位輪廓，但應瞭解，某些實施例可涉及耦合至同一列在區域3-112內具有不同輪廓之波導。

【0105】在某些實施例中，經組態以與一列中之樣本井光學耦合之

一波導之一區域可為錐形的(諸如藉由使用本文中所闡述之技術)以針對波導在彼區域中所耦合至的樣本井之群組而達成實質上均勻強度。如圖3-1中所展示，波導3-220a在區域3-110內係錐形的且波導3-220b在區域3-114內係錐形的。

【0106】整合式裝置可包含一或多個光學組件(例如，圖1-1中所展示之位於路由區域1-202內之分光器)以將輸入功率提供至個別波導中。在某些實施例中，輸入功率可跨越所有波導而係實質上相同的。發明人已認識到並瞭解，未與一列中之樣本井之一群組光學耦合之波導可在光傳播穿過此區域時經歷某種光學損失。因此，某些實施例可具有一組態，該組態藉由使其中波導光學耦合至各別樣本井之區域中之波導之一或多個特性變化而減少此光學損失。舉例而言，波導3-220b在區域3-110中之部分可具有用以減少光學損失之一組態，但仍可在波導3-220b光學耦合至區域3-114中之樣本井時傳遞比在波導3-220a光學耦合至區域3-110中之樣本井時低的一功率量。因此，將光傳遞至樣本井之一列之波導之錐度可不同以計及在波導用於耦合至樣本井時之光功率之此變化。在某些實施例中，一第一波導在區域3-110中之錐形部分之長度可不同於一第二波導在區域3-114中之錐形部分之長度。一錐形部分之長度可對應於樣本井數目，一特定波導用於在該波導之彼錐形區域內向該等樣本井傳遞光。在某些實施例中，一第二波導在區域3-114中之錐形部分之長度可比第一波導在區域3-110中之錐形部分之長度短。此一組態可計及第二波導在區域3-114中具有比第一波導在區域3-110中所具有之光功率低的一光功率。舉例而言，圖3-1展示波導3-220a在區域3-110中之錐形部分與六個樣本井耦合，此可對應於波導3-220a之錐形部分之長度，而波導3-220b在區域3-114中之錐形部分

展示為與五個樣本井耦合。應瞭解，第一波導及第二波導之錐形部分可與比圖3-1中所展示的更多或更少之樣本井耦合。

【0107】在某些實施例中，位於波導之列移位發生之處的一列內之樣本井可不與一波導光學耦合或與該列中之其他樣本井相比，具有與一波導之一較低光學耦合量。因此，位於樣本井陣列之列移位區域內之樣本井可接收一較低光功率量。在整合式裝置在執行一樣本之一分析時之操作期間，可自分析之結果排除此等樣本井，此乃因藉由此等樣本井獲得之結果之品質可受到用一所要光量(例如，一特定強度)照射一樣本之一能力不足之影響。如圖3-1中所展示，區域3-112中之樣本井之群組可接收比同一列之在區域3-110中之一樣本井或在3-114中之一樣本井少的光功率。此乃因定位於區域3-112中之一樣本井可不與該列之對應第一或第二波導光學耦合或者不以一所要效率光學耦合。舉例而言，區域3-112包含樣本井3-108b，與區域3-110及3-114中之樣本井(諸如樣本井3-108a及3-108c)相比，樣本井3-108b可接收一較低光功率量，此乃因樣本井3-108b自波導3-220a及3-220b兩者偏移。類似地，區域3-112包含樣本井3-108e，與樣本井3-108d及3-108f相比，樣本井3-108e可接收一較低光功率量。因此，在整合式裝置之操作期間自使用樣本井3-108b及3-108e而獲得之資料可自總體結果排除。

【0108】具有一列移位組態之一波導陣列(諸如圖3-1中所展示)可在一整合式裝置中與本文中所闡述之一或多個其他組件組合實施。在某些實施例中，具有一列移位波導組態之一整合式裝置可包含一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自整合式裝置之一表面接收光且與波導光學耦合。在圖3-1之內容脈絡中，光柵耦合器可定位於左側(在負 z 方向上)以在圖3-1中

所展示之箭頭之方向上提供光。在某些實施例中，具有一列移位波導組態之一整合式裝置可包含一或多個光偵測器，該一或多個光偵測器經組態以接收自位於與一或多個光偵測器同一像素中之一樣本井發射之光。舉例而言，具有樣本井3-108a之像素可包含經定位且經組態以接收自樣本井3-108a發射之光之一或多個光偵測器。該像素可具有如由圖1-1中之像素1-112所展示之一剖面組態。

【0109】發明人已認識到並瞭解，每樣本井列具有一波導之陣列波導組態可提供特定益處，該波導充當一光功率源且光學耦合至一或多個其他波導，該一或多個其他波導經定位以與該列中之樣本井光學耦合。充當光功率源之波導可被視為一「功率波導」。此等組態之一個益處係可減少陣列波導之總體佔用面積，此可在組態整合式裝置時提供優點，其中樣本井之列之間的距離小且可能無法容納定位於樣本井之列之間的多個波導。因此，整合式裝置之某些實施例可包含與樣本井陣列之個別列相關聯之功率波導以及與一或多個功率波導及對應列中之樣本井光學耦合之一或多個波導。在某些實施例中，一或多個其他波導可透過一分光器(例如，一定向耦合器)而與功率波導光學耦合。在某些實施例中，樣本井之一列具有充當一連續耦合器之一波導，該連續耦合器與相關聯於該列之功率波導光學耦合且與該列中之樣本井光學耦合。

【0110】圖3-2係具有一陣列波導組態之一整合式裝置之一平面圖，該陣列波導組態針對樣本井之一列包含一功率波導及經定位以與該列中之樣本井之不同群組光學耦合之多個波導。樣本井3-208a及3-208b在同一列中，且波導3-230a充當該列之一功率波導。類似地，樣本井3-208c及3-208d在一不同列中，且波導3-230b充當該列之一功率波導。沿著功率波

導之光傳播方向由圖3-2中之箭頭展示。沿著一功率波導，個別波導與功率波導耦合且經定位以與一列中之樣本井之一群組光學耦合。在圖3-2中，波導3-240a及3-240b經組態以與功率波導3-230a光學耦合且將光傳遞至具有樣本井3-208a及3-208b之列中之樣本井。在某些實施例中，波導3-240a及3-240b係錐形的以針對與此等波導光學耦合之樣本井提供一實質上均勻強度(諸如藉由使用本文中所闡述之錐形波導)。如圖3-2中所展示，樣本井3-208a經組態以與波導3-240a之一區域光學耦合，該區域具有比波導3-240a之樣本井3-208b與其光學耦合之區域大的寬度。類似地，樣本井3-208f經組態以與波導3-240b之一區域光學耦合，該區域具有比波導3-240b之樣本井3-208g與其光學耦合之區域大的寬度。另外，在與樣本井3-208a及3-208b不同之一列中之樣本井3-208c及3-208d經組態以與波導3-240c之具有不同寬度之不同區域光學耦合。特定而言，樣本井3-208c經組態以與波導3-240c之一區域光學耦合，該區域具有比波導3-240c之樣本井3-208d與其光學耦合之區域大的寬度。

【0111】功率波導3-230a及3-230b可具有一組態，該組態在光沿著波導傳播時減少光學損失(諸如藉由沿著波導之長度具有一實質上均勻寬度)。如圖3-2中所展示，波導3-240a及3-240b可分別經由功率分配器3-250a及3-250b而與功率波導3-230a光學耦合。另外，波導3-240c及3-240d可經由一或多個功率分配器而與功率波導3-230b光學耦合。適合功率分配器之實例包含定向耦合器、多模干涉分配器或任何其他適合功率分配光學組件。在其中將定向耦合器用作功率分配器之實施例中，一定向耦合器之組態可針對一特定功率分配比率而組態以達成一所要相對光功率量，該所要相對光功率量被輸入至與樣本井之一群組光學耦合之一波導

中。

【0112】在某些實施例中，與一功率波導光學耦合之個別功率分配器可具有一類似分配比率。參考圖3-2，功率分配器3-250a及功率分配器3-250b可具有與功率波導3-230a之相同分配比率。在此等情形中，波導3-240b經組態以在光沿著3-230a傳播時接收比波導3-240a少的光功率，此乃因功率波導3-230a在功率分配器3-250b之前與功率分配器3-250a耦合。在此等實施例中，波導3-240a及3-240b可具有不同錐形形狀以適應輸入功率之差異，使得樣本井經組態以與接收實質上類似強度之波導3-240a及3-240b光學耦合，且因此波導3-240a及3-240b之不同錐形形狀可計及由波導3-240a及3-240b經由功率分配器3-250a及3-250b而自功率波導3-230a接收之光功率之差異。舉例而言，波導3-240b可具有比波導3-240a短的一錐形長度以計及自功率波導3-230a接收一較低輸入功率。

【0113】在某些實施例中，與一功率波導光學耦合之個別功率分配器可具有不同分配比率，使得與樣本井光學耦合之波導接收一實質上類似輸入功率。參考圖3-2，功率分配器3-250a及功率分配器3-250b可具有與功率波導3-230a之不同分配比率，使得一類似光功率量耦合至波導3-240a及3-240b。在此等實施例中，波導3-230a及3-230b可具有一類似錐形形狀以允許與波導3-230a及3-230b光學耦合之樣本井接收實質上類似強度。

【0114】某些實施例可包含在光學耦合至一列內之樣本井之個別波導之間的一過渡區域。位於過渡區域內之樣本井可並不經定位以與波導中之一者光學耦合或並不接收與該列中之在過渡區域之外的其他樣本井類似之一光功率量。如圖3-2中所展示，樣本井3-208e係位於波導3-240a與3-240b之間的一過渡區域內之一樣本井之一實例。樣本井3-208e可接收比樣

本井3-208a及3-208b低的一光功率量。在此等情形中，可自分析排除使用樣本井3-208e而獲得之任何資料，此乃因與其他樣本井(諸如樣本井3-208a及3-208b)相比，該樣本井接收一較低激發光量。

【0115】在某些實施例中，整合式裝置可包含經組態以將光功率傳遞至樣本井之一個以上列之一功率波導。圖3-3係具有功率波導3-330a之一整合式裝置之平面圖，該功率波導經組態以將光傳遞至毗鄰於功率波導3-330a之樣本井之兩個列。特定而言，功率波導3-330a經組態以與包含樣本井3-308a及3-308b之樣本井之列以及包含樣本井3-308c及3-308d之樣本井之列光學耦合。如在圖3-3中所展示之組態中，此兩個列中之樣本井可透過波導與功率分配器之一組合而光學耦合至功率波導3-330a。波導3-340a經定位以與樣本井3-308a及3-308b光學耦合且可經由一功率分配器而光學耦合至功率波導3-330a。波導3-340b經定位以與樣本井3-308c及3-308d光學耦合且可經由一功率分配器而光學耦合至功率波導3-330a。結合圖3-3而闡述之波導及功率分配器可用於波導3-340a及3-340b且功率分配器用於將此等波導耦合至功率波導3-330a。類似地，功率波導3-330b經組態以將光傳遞至包含樣本井3-308e及3-308f之樣本井之列，且傳遞至包含3-308g及3-308h之樣本井之列。特定而言，波導3-340c經定位以與功率波導3-330b以及樣本井3-308e及3-308f光學耦合，且波導3-340d經定位以與功率波導3-330b以及樣本井3-308g及3-308h光學耦合。

【0116】在某些實施例中，經定位以與一列中之樣本井光學耦合之一波導可連接至一功率波導(諸如透過功率波導之一端)。舉例而言，在其中存在經組態以與樣本井之一列光學耦合之一系列波導且光透過一功率波導而被光學耦合至該系列波導之波導組態中，該系列中之遠離功率波導之

光輸入端之波導可直接連接至功率波導(諸如透過一光學連接)。在此一組態中，沿著功率波導傳播之光可藉由傳播穿過光學連接而被傳遞至該波導。圖3-4係具有功率波導3-430之一波導組態之一平面圖，其中箭頭展示至功率波導3-430之光輸入方向。波導3-440a、3-440b、3-440c及3-440d經組態以與具有樣本井3-408a、3-408b、3-408c及3-408d之樣本井之一列光學耦合。波導3-440a、3-440b及3-440c分別透過功率分配器3-450a、3-450b及3-450c而與功率波導3-430光學耦合。波導3-440d透過光學連接3-460而與功率波導連接。光學連接3-460可具有任何適合大小及形狀以將自功率波導3-430輸出之光引導至波導3-440d。

【0117】 某些實施例可包含一功率波導，該功率波導沿著其長度具有一變化之寬度。如圖3-4中所展示，功率波導3-430具有在一區域內變窄之寬度，在該區域中，功率波導3-430與功率分配器3-450a、3-450b及3-450c光學耦合。功率波導3-430之在功率分配器3-450a、3-450b及3-450c之間的區域中之寬度比在與功率分配器3-450a、3-450b及3-450c重疊之一區域中之寬度大。

【0118】 應瞭解，功率波導、功率分配器以及光學耦合至一特定列內之樣本井之波導可經適當組態以適應藉由光傳播穿過波導組態而經歷之光學損失。藉由實例之方式，在圖3-4中所展示之波導組態中，功率分配器3-450a、3-450b及3-450c可經組態以分別具有22%、30%及48%之功率分配比率。若功率波導3-430在個別波導3-440a、3-440b、3-440c與3-440d之間具有大約一10%功率損失，則照射該列中之所有樣本井所需的至功率波導3-430之相對輸入功率係4.70。若波導3-440a、3-440b、3-440c及3-440d各自用於將光傳遞至512個樣本井，則輸入功率係大約7.5

a.u. (任意單位)。在此一實例中，與每單位功率之樣本井數目對應之列效率係大約273。用於照射總共2048個樣本井(針對四個波導中之每一者512個樣本井)之此組態與使用用於照射所有2048個樣本之一單個錐形波導形成對比。在單個錐形波導組態中，至錐形波導中之輸入功率係大約16.8 a.u.且列效率係大約122。此實例圖解說明圖3-4中所展示之組態可如何在一樣本井陣列內提供經增加耦合效率同時降低必要輸入功率。

【0119】某些實施例係關於具有一功率波導之一波導組態，該功率波導經組態以沿著功率波導之長度與另一波導光學耦合，其中另一波導經組態以與一系列內之樣本井光學耦合。在某些實施例中，另一波導及功率波導經組態以彼此漸逝耦合。另一波導可相對於功率波導而定位以達成一所要耦合強度，使得將光傳遞至樣本井之列之波導沿著該波導之長度具有一實質上均勻功率。以此方式，功率波導經組態以補償由另一波導經歷之光學損失，該另一波導經組態以向其所光學耦合之樣本井提供一類似強度。由於另一波導沿著功率波導之長度與功率波導光學耦合，因此該波導可被視為一「連續耦合器」波導。根據某些實施例，連續耦合器波導可經組態以在處於1 mm至10 mm之範圍中或者彼範圍中之任何值或值範圍之長度內與功率波導弱耦合。

【0120】圖3-5係具有一波導組態之一整合式裝置之一平面圖，該波導組態針對個別樣本井列包含一功率波導及一連續耦合器波導。功率波導3-530經組態以與波導3-540光學耦合，該波導與具有樣本井3-508之一列中之樣本井光學耦合。箭頭展示至功率波導3-530之光輸入方向。波導3-540經組態以沿著波導3-540之長度與功率波導3-530光學耦合。在某些實施例中，功率波導3-530與波導3-540沿著波導3-540之長度彼此漸逝耦

合。特定而言，功率波導3-530與波導3-540之間的耦合強度經組態以在光沿著波導3-540傳播且耦合至該列中之樣本井時補償由波導3-540經歷之光學損失。舉例而言，歸因於由樣本井沿著波導3-540起光散射作用所引起之損失，因此該波導具有比功率波導3-530高的傳播損失。在某些實施例中，功率波導3-530可經組態以在接近於功率波導3-530之輸入端處具有比波導3-540在接近於其輸入端處所具有之功率量高的一功率量。

【0121】在某些實施例中，一功率波導可透過一功率分配器(例如，定向耦合器、多模干涉分配器)而與一「連續耦合器」波導耦合。如圖3-5中所展示，功率分配器3-550經組態以將傳播穿過功率波導3-530之光之一部分引導至波導3-540中。功率分配器3-550提供至波導3-540之功率量可被視為一初始功率量且功率波導3-530與波導3-540之間的耦合強度經組態以補償波導3-540中之功率損失。在某些實施例中，功率分配器3-550可經組態以具有處於5%至50%之間的範圍中或者彼範圍中之任何值或值範圍之一分配比率。功率分配器3-550可在處於5 μm 至50 μm 之範圍中或者彼範圍中之任何值或值範圍之距離內提供功率波導3-530與波導3-540之間的一高度耦合。功率分配器3-550在其內提供功率波導3-530與波導3-540之間的耦合之距離可被視為功率分配器3-550之「耦合長度」。在某些實施例中，一功率分配器(例如，定向耦合器)之耦合長度可小於大約100 μm 。

【0122】功率波導3-530與波導3-540之間的光學耦合之強度可取決於兩個波導之特性，包含功率波導3-530與波導3-540之間間隙之尺寸 D 、功率波導3-530之寬度、波導3-540之寬度以及功率波導3-530及波導3-540之折射率。舉例而言，降低功率波導3-530與波導3-540之間間隙之尺寸 D 會增加功率波導3-530與波導3-540之間的光學耦合之強度。在某

些實施例中，功率波導3-530與波導3-540之間的耦合強度可沿著波導3-540之長度係實質上恆定的。在此等實施例中，間隙之尺寸 D 可沿著波導3-540之長度係實質上恆定的，如圖3-5中所展示。

【0123】在某些實施例中，一功率波導與一連續耦合器波導之間的耦合強度可沿著連續耦合器波導之長度變化，此可允許功率波導補償沿著連續耦合器波導之傳播損失。在此等實施例中，兩個波導之間的間隙之尺寸 D 可沿著連續耦合器波導之長度變化。圖3-6係具有與波導3-540光學耦合之功率波導3-530之一波導組態之一平面圖，其中該功率波導與該波導之間的間隙之尺寸沿著波導3-540之長度變化。特定而言，功率波導3-530朝向波導3-540成角度，使得在接近於功率輸入(由箭頭展示)之一位置處，功率波導3-530與波導3-540之間的距離 D_1 比在遠離功率輸入之一位置處之距離 D_2 大。在此一組態中，功率波導3-530與波導3-540之間的耦合強度沿著波導3-540之長度增加。

【0124】可影響一連續耦合器波導之長度或波導可與其光學耦合之樣本井之數目之一個參數係同調長度，或在其內光沿著功率波導傳播且連續耦合器波導係同相之距離。若同調長度係短的，則連續耦合器波導可向其傳遞光之樣本井之數目變小。發明人已認識到並瞭解，針對功率波導及連續耦合器波導具有不同寬度可抵消該兩個波導之間的相位差，且因此增加同調長度。因此，某些實施例涉及功率波導3-530及波導3-540具有不同寬度。在某些實施例中，功率波導3-530具有比波導3-540之寬度 d_c 小的寬度 d_p 。在某些實施例中，功率波導3-530具有比波導3-540之寬度 d_c 大的寬度 d_p 。

【0125】根據某些實施例，儘管圖3-5及圖3-6展示功率波導3-530及

波導3-540位於整合式裝置之同一層內且經組態以彼此橫向地耦合，但應瞭解，功率波導3-530及波導3-540可經組態以彼此垂直地耦合。在某些實施例中，功率波導3-530及波導3-540定位於整合式裝置之不同層內。在某些實施例中，功率波導3-530及波導3-540經定位以彼此垂直地重疊。在某些實施例中，波導3-540可定位於其所耦合之樣本井之列與功率波導3-530之間。在此等實施例中，波導3-540與其所光學耦合之樣本井之列(包含樣本井3-508)係不重疊的。

【0126】在某些實施例中，連續耦合器波導之遠離光學輸入之端可為錐形的。此等實施例可允許增加該列中之樣本井數目及/或與樣本井之耦合效率，該等樣本井與波導之此區域光學耦合。

【0127】可影響一列中之樣本井自一連續耦合器波導接收實質上均勻強度(諸如圖3-5及圖3-6中所展示)之程度之參數可包含頂部包覆層2-222之厚度、與功率波導之初始耦合分數、連續耦合器波導之厚度及樣本井之深度。圖3-7及圖3-8展示模擬結果，其中與功率波導之初始耦合分數變化且一連續耦合器波導經設計以針對一列1024個樣本井達成一相對強度最小值。波導具有120 nm之一厚度及325 nm之一頂部包覆層厚度。樣本井具有300 nm之一深度。圖3-7係跨越所有1024個樣本井而達成最小相對強度所需的至連續耦合器波導之功率輸入對與功率波導之初始耦合分數的一圖。圖3-7中所展示之圖圖解說明如何在與功率波導之初始耦合分數係大約0.26時存在所需要之一最小功率輸入。圖3-8係沿著樣本井之列之強度不均匀量對與功率波導之初始耦合分數的一圖，其中不均匀度對應於一樣本井處之最高強度與一樣本井處之最低強度之比率。一不均匀度值等於1對應於最高強度與最低強度值相等，且因此對應於其中在該列中之所

有樣本井處存在均勻強度之一情景。轉至圖3-7及圖3-8兩者，當與功率波導之初始耦合分數小於0.26時，可在所有1024個樣本井當中達成均勻強度(當不均勻度= 1時)。

【0128】圖3-9、圖3-10及圖3-11展示針對一功率波導及連續耦合器波導組態的針對具有325 nm之一頂部包覆物厚度層之一列1024個樣本井以及等於0.26之一初始耦合分數之模擬結果。圖3-9係相對強度對樣本井數目之一圖且展示個別樣本井處之相對強度如何跨越所有樣本井而係均勻的。圖3-10係波導中之功率對一系列中之樣本井數目之一圖且展示功率波導中之光功率如何沿著樣本井之列降低，同時連續耦合器波導保持恆定。圖3-11係功率波導與連續耦合器波導之間間隙之尺寸對樣本井數目之一圖且展示功率波導如何在遠離輸入端之一位置(對應於樣本井編號1024)處較接近於連續耦合器波導。

【0129】與一單個錐形波導相比，包含一功率波導及一連續耦合器波導之波導組態可針對較少輸入功率而沿著樣本井之列提供經改良光學效率。作為一實例，若波導3-540經組態以與2048個樣本井光學耦合，則與每單位功率之樣本井數目對應之列效率係大約258，具有7.9 a.u.之一輸入功率。在單個錐形波導組態中，至錐形波導中之輸入功率係大約16.8 a.u.且列效率係大約122。此實例圖解說明圖3-5及圖3-6中所展示之組態可如何在一樣本井陣列內提供經增加耦合效率同時降低必要輸入功率。

【0130】圖3-12及圖3-13進一步圖解說明此一組態如何隨著該列中之樣本井數目增加而針對比一單個錐形波導少的輸入功率提供經改良光學效率。特定而言，圖3-12及圖3-13展示藉由針對一系列中之不同樣本井數目而模擬錐形波導設計及連續耦合器波導設計所獲得之結果。錐形波導具有

自1300 nm降低至300 nm之寬度。連續耦合器波導具有800 nm之寬度。資料點中之每一者表示在一最小功率下在所有樣本井當中具有均勻強度之一波導設計。圖3-12係至波導之功率輸入對每列之樣本井數目之一圖。圖3-13係由每單位功率之樣本井數目量測之列效率對每列之樣本井數目之一圖。隨著樣本井數目增加，針對連續耦合器波導之功率輸入比針對錐形波導之功率輸入低且針對連續耦合器波導之列效率比針對錐形波導之列效率大。

【0131】應瞭解，以上所闡述波導組態可組合於同一整合式裝置中。舉例而言，整合式裝置之某些實施例可具有經組態以自具有一列移位組態之波導接收光之一第一組樣本井列及經組態以自連續耦合器波導接收光之一第二組樣本井列。

【0132】本申請案之某些態樣係關於形成具有一光學系統之一整合式光子裝置，該光學系統具有本文中所闡述之組態之一或多個特性。某些實施例涉及形成一整合式光子裝置之一方法，包含形成配置成一系列之複數個樣本井、形成經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合之一第一波導以及形成經組態以自整合式光子裝置之與該列樣本井分開之一區域接收光且與第一波導光學耦合之一功率波導。

【0133】在某些實施例中，第一波導經組態以沿著第一波導之長度與功率波導光學耦合。在某些實施例中，第一波導經組態以與功率波導漸逝耦合。在某些實施例中，功率波導具有比第一波導大的寬度。在某些實施例中，功率波導經組態以將光功率之一第一部分光學耦合至第一波導且將光功率之一第二部分光學耦合至一第二波導。在某些實施例中，第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。在某些實施例中，該方

法進一步包含形成配置成一第二列之第二複數個樣本井。第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0134】在某些實施例中，功率波導經組態以透過具有第一耦合係數之一第一定向耦合器而與第一波導光學耦合且透過具有第二耦合係數之一第二定向耦合器而與一第二波導光學耦合，該第二耦合係數大於該第一耦合係數。在某些實施例中，第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。在某些實施例中，第一定向耦合器被定位成比第二定向耦合器更接近於功率波導之光學輸入。在某些實施例中，該方法進一步包含形成配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0135】在某些實施例中，功率波導經組態以透過具有小於大約100 μm 之耦合長度之一定向耦合器而與第一波導光學耦合。在某些實施例中，功率波導與第一波導之間的耦合強度沿著穿過功率波導之光傳播方向增加。在某些實施例中，第一波導具有比功率波導高的傳播損失。在某些實施例中，該方法進一步包含形成經組態以自整合式光子裝置之一表面接收光且與功率波導光學耦合之一光柵耦合器。

【0136】在某些實施例中，該方法進一步包含形成一第二波導，其中第一波導經組態以與該列中之一第一樣本井光學耦合且一第二波導經組態以與該列中之一第二樣本井光學耦合。在某些實施例中，第一波導具有一錐形端。在某些實施例中，第一波導經組態以在遠離錐形端之一位置處與功率波導漸逝耦合。在某些實施例中，該方法進一步包含形成經定位以接收自至少兩個樣本井中之一各別者發射之光之至少一個光偵測器。

【0137】某些實施例涉及形成一整合式光子裝置之一方法，該方法

涉及形成配置成若干列之樣本井之一陣列，以及形成複數個波導，該複數個波導包含經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。在某些實施例中，該列中之樣本井之第三群組定位於第一群組與第二群組之間。在某些實施例中，第三群組中之一樣本井經組態以接收比第一群組中之一樣本井及/或第二群組中之一樣本井少的光功率。在某些實施例中，第一波導係位於距第一群組中之一樣本井第一距離處且位於距第三群組中之樣本井第二距離處，該第一距離小於該第二距離。在某些實施例中，第二波導位於距第二群組中之一樣本井第三距離處且位於距第三群組中之樣本井第四距離處，該第三距離小於第四距離。

【0138】在某些實施例中，第一波導在樣本井之第一群組與樣本井之第二群組之間的一區域中係彎曲的。在某些實施例中，第二波導在該區域中係彎曲的。在某些實施例中，第一波導經定位以與第一群組中之每一樣本井漸逝耦合且第二波導經定位以與第二群組中之每一樣本井漸逝耦合。在某些實施例中，第一波導沿著經組態以與樣本井之第一群組漸逝耦合之一部分係錐形的，且第二波導沿著經組態以與樣本井之第二群組漸逝耦合之一部分係錐形的。在某些實施例中，該方法進一步包含形成經組態以自整合式光子裝置之一表面接收光且與複數個波導光學耦合之一光柵耦合器。在某些實施例中，第一波導與樣本井之第二群組光學解耦且第二波導與樣本井之第一群組光學解耦。在某些實施例中，第一群組中之樣本井與第二群組中之樣本井沿著一軸線實質上對準。在某些實施例中，第一波導之至少一部分實質上平行於該軸線。在某些實施例中，第二波導之至少一部分實質上平行於該軸線。在某些實施例中，該方法進一步包括形成經

組態以接收自第一群組中之一各別樣本并發射之光之至少一個光偵測器。

【0139】C. 光柵耦合器

【0140】如結合圖1-1所論述，整合式裝置可包含一光柵耦合器(諸如光柵耦合器1-216)，該光柵耦合器經組態以自一光學源接收光且將光引導至經組態以與樣本并陣列光學耦合之波導。發明人已認識到並瞭解，某些光柵耦合器組態對整合式裝置提供一或多個益處，包含光與裝置中之其他光學組件之較高耦合效率及針對入射光之角度之一較寬廣公差。一光柵耦合器包含一種材料之多個結構或光柵齒，該多個結構或光柵齒藉由填充有一不同材料之間隙分開。材料結構可具有比間隙材料高的一折射率(例如，材料結構由氮化矽形成且間隙由氧化矽形成)。可影響一光柵耦合器之耦合效率之參數包含材料結構之寬度、材料結構之數目、間隙之寬度及填充因子，該填充因子係材料結構之寬度與間隙之寬度之比率。

【0141】某些實施例係關於具有一變跡光柵耦合器之一整合式裝置，該變跡光柵耦合器經組態以接收入射至整合式裝置之光。變跡光柵耦合器可具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構。在某些實施例中，材料結構可藉由具有可變寬度之間隙而彼此間隔開。在某些實施例中，材料結構可具有可變寬度。

【0142】圖4-1係經組態以與波導4-220光學耦合之變跡光柵耦合器4-100之一剖面圖，其中光經組態以在由箭頭所展示之方向上傳播。入射至光柵耦合器4-100之光由虛線展示。變跡光柵耦合器4-100可提供與入射光之經改良相位匹配。光柵耦合器4-100具有材料結構，包含材料結構4-120a、4-120b及4-120c，該等材料結構以一可變填充因子(例如，由一材料結構佔據之光柵間距之百分比)彼此間隔開。針對光柵耦合器4-100之材

料結構之填充因子在朝向波導4-220之方向上增加，該方向係光傳播方向。材料結構可具有對應於尺寸 T 之可變寬度(沿著正 z 方向)。如圖4-1中所展示，光柵耦合器4-100之材料結構具有在朝向波導4-220之方向上增加之寬度。舉例而言，材料結構4-120c具有比材料結構4-120a大的寬度。材料結構藉由間隙(包含間隙4-122a、4-122b及4-122c)分開。該等間隙被完全蝕刻穿過光柵耦合器結構，此可易於光柵耦合器4-100之製作。間隙可具有對應於尺寸 G 之可變寬度(沿著正 z 方向)。如圖4-1中所展示，光柵耦合器4-100之間隙具有在朝向波導4-220之方向上降低之寬度。舉例而言，間隙4-122c具有比間隙4-122a小的寬度。在某些實施例中，光柵耦合器可具有可變間距，該可變間距係一材料結構與毗鄰於該材料結構之間隙之寬度且對應於尺寸 P 。

【0143】一變跡光柵耦合器可提供特定益處，包含適應製作公差而不會實質上影響耦合效率之能力。圖4-2展示針對一變跡光柵耦合器之耦合效率對底部包覆層之厚度之一圖。圖4-2中所展示之結果圖解說明耦合效率如何在底部包覆層之厚度之一變化範圍內保持實質上恆定，此可由於存在可針對底部包覆層所達成之一寬廣厚度範圍而提供製作公差而不會實質上降低耦合效率。圖4-3展示針對一變跡光柵耦合器之耦合效率對橫向尺寸誤差之一圖。雖然耦合效率在針對入射至光柵耦合器之光之一固定角度處隨著誤差增加而降低，但可藉由使光至光柵耦合器上之入射角度變化而補償效率之改變。如圖4-3中所展示，藉由將入射角度調諧為在固定角度之 ± 1 度以內，效率可在 ± 20 nm尺寸誤差之情況下保持高於70%。

【0144】某些實施例係關於光柵耦合器，該等光柵耦合器具有關於實質上平行於整合式裝置之一表面之一平面的不對稱材料結構。在某些實

施例中，一光柵耦合器可具有多個層，且不對稱材料結構可形成於該多個層中。在某些實施例中，整合式裝置可包含一炫耀光柵耦合器。一炫耀光柵耦合器可包含不同層中之光柵耦合器之一組合，包含具有一個光柵耦合器之接近於該整合式裝置之表面的一層，該光柵耦合器具有材料結構，該等材料結構具有比形成於另一層中之一光柵耦合器中之材料結構小的寬度。根據某些實施例，一炫耀光柵耦合器可具有鋸齒形材料結構。一雙層光柵耦合器包含彼此偏移之兩個光柵耦合器之一組合。

【0145】圖4-4係經組態以與波導4-420光學耦合之炫耀光柵耦合器4-400之一剖面圖，其中光經組態以在由箭頭所展示之方向上傳播。入射至光柵耦合器4-400之光由虛線展示。炫耀光柵耦合器4-400可提供朝向波導4-420之輻射光之經改良方向性。光柵耦合器4-400具有由彼此接觸之兩個層形成之材料結構4-425。接近於入射光之層具有比另一層之寬度 a_2+b 小的寬度 b 。以此方式，材料結構4-425關於實質上平行於整合式裝置之一表面之一平面(例如，沿著 z 方向)係不對稱的。材料結構4-425之間隙具有寬度 a_1 。間距 P 等於 $a_1 + a_2 + b$ 。

【0146】圖4-5展示針對一炫耀光柵耦合器之耦合效率對底部包覆層之厚度之一圖，該炫耀光柵耦合器具有： a_1 等於138 nm、 a_2 等於113、 b 等於82、頂部層之厚度等於60 nm、總厚度等於140 nm以及入射角度等於4度。圖4-5中所展示之結果圖解說明耦合效率如何在底部包覆層之厚度之一變化範圍內保持實質上恆定，此可由於存在可針對底部包覆層所達成之一寬廣厚度範圍而提供製作公差而不會實質上降低耦合效率。圖4-6及圖4-7係一色彩熱圖標繪參數 a_2 對 a_1 之灰階版本，其中色彩之變化對應於耦合效率。在圖4-6中，至光柵耦合器之入射光之角度係固定的。在圖4-7

中，至光柵耦合器之入射光之角度以固定角度之 ± 1 度之一範圍進行變化。圖4-7展示可藉由調諧入射角度以適應光柵耦合器之參數之改變而達成較高耦合效率，此可提供進一步製作公差。

【0147】圖4-8係經組態以與波導4-820光學耦合之雙層光柵耦合器4-800之一剖面圖，其中光經組態以在由箭頭所展示之方向上傳播。入射至光柵耦合器4-800之光由虛線展示。雙層光柵耦合器4-800可提供朝向波導4-820之輻射光之經改良方向性。光柵耦合器4-800具有由兩個層形成之材料結構4-825，該兩個層彼此接觸、具有類似尺寸且偏移達尺寸 D_{Offset} 。以此方式，材料結構4-825關於實質上平行於整合式裝置之一表面之一平面(例如，沿著z方向)係不對稱的。材料結構4-835之間間隙具有寬度 D_{Trench} 。間距 P 等於材料結構4-825沿著z方向之尺寸加 D_{Trench} 。

【0148】圖4-9展示針對一雙層光柵耦合器之經正規化耦合效率對底部包覆層之厚度之一圖。藉由使底部包覆物厚度中之每一者處之效率正規化為在被評估之底部包覆物厚度之範圍內判定之峰值效率而計算經正規化耦合效率。圖4-9中所展示之結果圖解說明耦合效率如何在底部包覆層之厚度之一變化範圍內保持實質上恆定，此可由於存在可針對底部包覆層所達成之一寬廣厚度範圍而提供製作公差而不會實質上降低耦合效率。圖4-10及圖4-11係一色彩熱圖標繪參數 D_{Offset} 對工作循環之灰階版本，其中色彩之變化對應於耦合效率。在圖4-10中，至光柵耦合器之入射光之角度係固定的。在圖4-11中，至光柵耦合器之入射光之角度以固定角度之 ± 1 度之一範圍進行變化。圖4-11展示可藉由調諧入射角度以適應光柵耦合器之參數之改變而達成較高耦合效率，此可提供進一步製作公差。

【0149】圖4-12係經組態以與波導4-1220光學耦合之一光柵耦合器

4-1200之一剖面圖，其中光經組態以在由箭頭所展示之方向上傳播。入射至光柵耦合器4-1200之光由虛線展示。光柵耦合器4-1200具有材料結構4-1225，該等材料結構由一連續層及與該連續層接觸之經蝕刻部分形成。以此方式，材料結構4-1225關於實質上平行於整合式裝置之一表面之一平面(例如，沿著z方向)係不對稱的。

【0150】圖4-13係經組態以與波導4-1320光學耦合之一光柵耦合器4-1300之一剖面圖，其中光經組態以在由箭頭所展示之方向上傳播。入射至光柵耦合器4-1300之光由虛線展示。光柵耦合器4-1300具有與一連續層間隔開之材料結構4-1325。以此方式，材料結構4-1325關於實質上平行於整合式裝置之一表面之一平面(例如，沿著z方向)係不對稱的。

【0151】針對某些光柵耦合器，耦合效率以及可達成一所要耦合效率之入射角度範圍可取決於入射光之頻寬，其中一光柵耦合器之效能可針對較寬波長頻帶而降低。發明人已認識到並瞭解，一光柵耦合器可藉由以下操作而適應較寬頻帶：變更材料結構之折射率，從而產生一寬頻光柵耦合器。在某些實施例中，可使用多種材料來控制光柵之折射率。舉例而言，若使用氧化矽及氮化矽來形成一光柵耦合器之光柵結構，則可將該等光柵結構離散化成若干子波長元件(例如，小於200 nm)。有效折射率 n_{eff} 可分別取決於氧化矽及氮化矽二者之填充因子 f_{ox} 及 f_{SiN} 以及氧化矽之折射率 n_{ox} 及氮化矽之折射率 n_{SiN} 。特定而言， $n_{eff} = \sqrt{f_{ox}n_{ox}^2 + f_{SiN}n_{SiN}^2}$ 。圖4-14係經組態以與波導4-1420光學耦合之寬頻光柵耦合器4-1400之一平面圖之一示意圖。光柵耦合器之個別光柵可包含具有一高折射率之區域4-1430 (例如，氮化矽)及具有一低折射率之區域14-1435 (例如，氧化矽)。如圖4-14中所展示，填充因子、區域4-1430之厚度及區域4-1435之厚度可在朝向波

導4-1420之方向上變化。

【0152】圖4-15係針對具有圖4-14中所展示之組態之一光柵耦合器之頻寬對填充因子之一圖，其中氧化矽及氮化矽用作高折射率材料及低折射率材料。如由圖4-15所圖解說明，大約0.4之一填充因子提供大約8 nm之一最大頻寬。圖4-16係針對具有圖4-14中所展示之組態之一光柵耦合器之峰值波長對填充因子之一圖，其中氧化矽及氮化矽用作高折射率材料及低折射率材料。圖4-17係針對具有圖4-14中所展示之組態之一光柵耦合器之峰值效率對填充因子之一圖，其中氧化矽及氮化矽用作高折射率材料及低折射率材料。

【0153】應瞭解，具有如本文中所闡述之一組態之一光柵耦合器可與任何適合數目個波導耦合且可在一或多個方向上具有輸出光。在某些實施例中，一光柵耦合器可具有在一個方向上實質上平行之多個輸出波導。圖4-18係與多個輸出波導(包含波導4-1820a及4-1820b)耦合之光柵耦合器4-1800之一平面圖之一示意圖，其中輸出波導在自光柵耦合器4-1800之一個方向上(沿著z方向)組態。圖4-19係與多個輸出波導4-1920a、4-1920b、4-1920c及4-1920d耦合之光柵耦合器4-1900之一平面圖之一示意圖。輸出波導4-1920a、4-1920b、4-1920c及4-1920d中之每一者經組態以自光柵耦合器4-1900在四個不同方向上引導光。圖4-20係與多個輸出波導4-2020a及4-2020b耦合之光柵耦合器4-2000之一平面圖之一示意圖。輸出波導4-2020a及4-2020b中之每一者經組態以自光柵耦合器4-2000在兩個不同方向上引導光。

【0154】本申請案之某些態樣係關於形成具有一光柵耦合器之一整合式光子裝置，該光柵耦合器具有本文中所闡述之組態中之一或多者。某

些實施例涉及形成一整合式光子裝置之一方法，該方法包含形成至少一個波導，以及形成一光學耦合區域。該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0155】 在某些實施例中，該平面通過該光柵耦合器之一軸線。在某些實施例中，該等材料結構中之至少一者包括在實質上平行於該平面之方向上彼此橫向偏移之至少兩個材料層。在某些實施例中，該光柵耦合器包括彼此接觸之至少兩個材料層。在某些實施例中，該光柵耦合器包括彼此間隔開一距離之至少兩個材料層。在某些實施例中，該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。在某些實施例中，該等材料結構中之至少一者包括一經完全蝕刻材料部分。在某些實施例中，該光柵耦合器係一炫耀光柵耦合器。在某些實施例中，該等材料結構中之至少一者相對於實質上垂直於該表面之一平面係不對稱的。

【0156】 某些實施例係關於形成一整合式光子裝置之一方法，該方法包含形成至少一個波導及形成一光學耦合區域。該光學耦合區域包含：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0157】 在某些實施例中，該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。在某些實施例中，該等材料結構藉由具有可變寬度之間

隙而彼此間隔開。在某些實施例中，該光柵耦合器包括形成於該等間隙中之一介電材料。在某些實施例中，該等材料結構具有可變寬度。

【0158】 III. 系統之額外態樣

【0159】 系統可包含一整合式裝置及經組態以與該整合式裝置介接之一儀器。整合式裝置可包含一像素陣列，其中一像素包含一樣本井及至少一個光偵測器。整合式裝置之一表面可具有複數個樣本井，其中一樣本井經組態以自放置於整合式裝置之表面上之一樣本接收一樣本。一樣本可含有多個樣本，且在某些實施例中，含有不同類型之樣本。複數個樣本井可具有一適合大小及形狀，使得樣本井之至少一部分自一樣本接收一個樣本。在某些實施例中，一樣本井內之樣本數目可在該等樣本井當中進行分佈，使得某些樣本井含有一個樣本，其他樣本井含有零個、兩個或兩個以上樣本。

【0160】 在某些實施例中，一樣本可含有多個單鏈DNA模板，且一整合式裝置之一表面上之個別樣本井可經定大小及定形以接收一定序模板。定序模板可在整合式裝置之樣本井當中進行分佈，使得整合式裝置之樣本井之至少一部分含有一定序模板。樣本亦可含有然後進入樣本井中之經標記核苷酸且可允許在將一核苷酸併入至與樣本井中之單鏈DNA模板互補之一鏈DNA中時識別該核苷酸。在此一實例中，「樣本」可指定序模板及當前藉由一聚合酶而被併入之經標記核苷酸兩者。在某些實施例中，樣本可含有定序模板且可隨後在將核苷酸併入至一樣本井內之一互補鏈中時將經標記核苷酸引入至該樣本井。以此方式，核苷酸之併入時序可受何時將經標記核苷酸引入至一整合式裝置之樣本井控制。

【0161】 自與整合式裝置之像素陣列分開定位之一激發源提供激發

光。至少部分地藉由整合式裝置之元件而朝向一或多個像素引導激發光以照射樣本井內之一照射區域。一標記物可然後在位於照射區域內時且回應於被激發光照射而發射發射光。在某些實施例中，一或多個激發源係系統之儀器之部分，其中儀器及整合式裝置之組件經組態以朝向一或多個像素引導激發光。

【0162】由一樣本發射之發射光可然後由整合式裝置之一像素內之一或多個光偵測器偵測到。所偵測發射光之特性可提供用於識別與發射光相關聯之標記物之一指示。此等特性可包含任何適合類型之特性，包含由一光偵測器偵測到之光子之一到達時間、由一光偵測器隨時間累積之光子之一量及/或光子跨越兩個或兩個以上光偵測器之一分佈。在某些實施例中，一光偵測器可具有一組態，該組態允許偵測與一樣本之發射光相關聯之一或多個時序特性(例如，螢光壽命)。光偵測器可在一激發光脈衝傳播穿過整合式裝置之後偵測光子到達時間之一分佈，且到達時間之分佈可提供對樣本之發射光之一時序特性之一指示(例如，螢光壽命之一代理)。在某些實施例中，一或多個光偵測器提供對由標記物發射之發射光之機率之一指示(例如，螢光強度)。在某些實施例中，複數個光偵測器可經定大小且經配置以擷取發射光之一空間分佈。可然後使用來自一或多個光偵測器之輸出信號自複數個標記當中區分出一標記物，其中複數個標記物可用於識別樣本內之一樣本。在某些實施例中，一樣本可由多種激發能量激發，且由樣本回應於該多種激發能量而發射之發射光及/或發射光之時序特性可自複數個標記物區分出一標記物。

【0163】在圖5-1A中圖解說明系統5-100之一示意性概述。系統包括與一儀器5-104介接之一整合式裝置5-102。在某些實施例中，儀器5-104

可包含整合為儀器5-104之一部分之一或多個激發源5-106。在某些實施例中，一激發源可在儀器5-104及整合式裝置5-102兩者外部，且儀器5-104可經組態以自激發源接收激發光且將激發光引導至整合式裝置。整合式裝置可使用用於接納整合式裝置之任何適合承窩來與儀器介接且將該儀器固持成與激發源精確光學對準。激發源5-106可經組態以將激發光提供至整合式裝置5-102。如圖5-1A中示意性地圖解說明，整合式裝置5-102具有複數個像素5-112，其中像素之至少一部分可執行一樣本之獨立分析。此等像素5-112可被稱為「被動源像素」，此乃因一像素自與該像素分開之一源5-106接收激發光，其中來自該源之激發光激發像素5-112中之某些或所有像素。激發源5-106可為任何適合光源。適合激發源之實例闡述於2015年8月7日提出申請之標題為「INTEGRATED DEVICE FOR PROBING, DETECTING AND ANALYZING MOLECULES」之美國專利申請案第14/821,688號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。在某些實施例中，激發源5-106包含經組合以將激發光傳遞至整合式裝置5-102之多個激發源。多個激發源可經組態以產生多種激發能量或波長。

【0164】一像素5-112具有經組態以接收一樣本之一樣本井5-108以及一光偵測器5-110，該光偵測器用於偵測由該樣本回應於用激發源5-106所提供之激發光照射該樣本而發射之發射光。在某些實施例中，樣本井5-108可使樣本保持接近於整合式裝置5-102之一表面，此可易於將激發光傳遞至樣本及偵測來自樣本之發射光。

【0165】用於將來自激發光源5-106之激發光耦合至整合式裝置5-102及將激發光導引至樣本井5-108之光學元件位於整合式裝置5-102及儀

器5-104兩者上。源至井光學元件可包括位於整合式裝置5-102上之用以將激發光耦合至整合式裝置之一或多個光柵耦合器以及用以將來自儀器5-104之激發光傳遞至像素5-112中之樣本井之波導。一或多個分光器元件可定位於一光柵耦合器與波導之間。分光器可耦合來自光柵耦合器之激發光且將激發光傳遞至波導中之至少一者。在某些實施例中，分光器可具有一組態，該組態允許將激發光傳遞成跨越所有波導而係實質上均勻的，使得波導中之每一者接收一實質上類似量之激發光。此等實施例可藉由改良由整合式裝置之樣本井接收之激發光之均勻度而改良整合式裝置之效能。

【0166】 樣本井5-108、激發源至井光學器件之一部分以及樣本井至光偵測器光學器件係位於整合式裝置5-102上。激發源5-106以及源至井組件之一部分係位於儀器5-104中。在某些實施例中，一單個組件可在將激發光耦合至樣本井5-108及將來自樣本井5-108之發射光傳遞至光偵測器5-110兩者中發揮作用。用於將激發光耦合至一樣本井及/或將發射光引導至一光偵測器以包含於一整合式裝置中之適合組件之實例闡述於2015年8月7日提出申請之標題為「INTEGRATED DEVICE FOR PROBING, DETECTING AND ANALYZING MOLECULES」之美國專利申請案第14/821,688號及2014年11月17日提出申請之標題為「INTEGRATED DEVICE WITH EXTERNAL LIGHT SOURCE FOR PROBING, DETECTING, AND ANALYZING MOLECULES」之美國專利申請案第14/543,865號中，該等美國專利申請案中之每一者以其全文引用之方式併入本文中。

【0167】 像素5-112與其自身之個別樣本井5-108及至少一個光偵測器5-110相關聯。整合式裝置5-102之複數個像素可被配置成具有任何適合

形狀、大小及/或尺寸。整合式裝置5-102可具有任何適合數目個像素。整合式裝置5-102中之像素數目可處於大約10,000個像素至1,000,000個像素之範圍中或者彼範圍內之任何值或值範圍。在某些實施例中，像素可被配置成512個像素乘512個像素之一陣列。整合式裝置5-102可以任何適合方式與儀器5-104介接。在某些實施例中，儀器5-104可具有一介面，該介面可拆卸地耦合至整合式裝置5-102，使得一使用者可將整合式裝置5-102附接至儀器5-104以使用整合式裝置5-102來分析一樣本且自儀器5-104移除整合式裝置5-102以允許附接另一整合式裝置。儀器5-104之介面可將整合式裝置5-102定位成與儀器5-104之電路耦合以允許將來自一或多個光偵測器之讀出信號傳輸至儀器5-104。整合式裝置5-102及儀器5-104可包含用於處置與大的像素陣列(例如，多於10,000個像素)相關聯之資料之多通道高速通信鏈路。

【0168】在圖5-1B中展示整合式裝置5-102之一剖面圖，其圖解說明像素5-112之一列。整合式裝置5-102可包含耦合區域5-201、路由區域5-202及像素區域5-203。像素區域5-203可包含具有樣本井5-108之複數個像素5-112，該等樣本井定位於與耦合區域5-201分開之一位置處之一表面上，該位置係激發光(由虛線箭頭展示)耦合至整合式裝置5-102之處。樣本井5-108可透過金屬層5-116而形成。由虛線矩形圖解說明之一個像素5-112係整合式裝置5-102之一區域，該區域包含一樣本井5-108以及具有一或多個光偵測器5-110之光偵測器區域。

【0169】圖5-1B圖解說明藉由將一激發光束耦合至耦合區域5-201且耦合至樣本井5-108之激發路徑(以虛線展示)。圖5-1B中所展示之樣本井5-108之列可經定位以與波導5-220光學耦合。激發光可照射位於一樣本井

內之一樣本。樣本可回應於由激發光照射而達到經激發狀態。當一樣本係處於經激發狀態中時，樣本可發射發射光，該發射光可由與樣本井相關聯之一或多個光偵測器偵測到。圖5-1B示意性地圖解說明自像素5-112之一樣本井5-108至光偵測器5-110之發射光路徑(展示為實線)。像素5-112之光偵測器5-110可經組態及定位以偵測來自樣本井5-108之發射光。適合光偵測器之實例闡述於2015年8月7日提出申請之標題為「INTEGRATED DEVICE FOR TEMPORAL BINNING OF RECEIVED PHOTONS」之美國專利申請案第14/821,656號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。適合光偵測器之額外實例闡述於2017年12月22日提出申請之標題為「INTEGRATED PHOTODETECTOR WITH DIRECT BINNING PIXEL」之美國專利申請案第15/852,571號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。針對一個別像素5-112，一樣本井5-108與其各別光偵測器5-110可沿著一共同軸線(沿著圖5-1B中所展示之y方向)對準。以此方式，光偵測器可在一像素5-112內與樣本井重疊。

【0170】來自一樣本井5-108之發射光之方向性可取決於樣本井5-108中之樣本相對於金屬層5-116之定位，此乃因金屬層5-116可用於反射發射光。以此方式，金屬層5-116與定位於一樣本井5-108中之一螢光標記物之間的距離可影響與該樣本井位於同一像素中之光偵測器5-110偵測由螢光標記物發射之光之效率。金屬層5-116與一樣本井5-108之底部表面(其接近於可在操作期間定位一樣本之處)之間的距離可處於100 nm至500 nm之範圍中或者彼範圍中之任何值或值範圍。在某些實施例中，金屬層5-116與一樣本井5-108之底部表面之間的距離係大約300 nm。

【0171】樣本與光偵測器之間的距離亦可影響偵測發射光之效率。

藉由減小光必須在樣本與光偵測器之間行進之距離，可改良發射光之偵測效率。另外，樣本與光偵測器之間的較小距離可允許像素佔據整合式裝置較小佔用面積，此可允許較高數目個像素被包含於整合式裝置中。一樣本井5-108之底部表面與光偵測器之間的距離可處於1 μm 至15 μm 之範圍中或者彼範圍中之任何值或值範圍。

【0172】光子結構5-230可定位於樣本井5-108與光偵測器5-110之間且經組態以減少或防止激發光到達光偵測器5-110，此可另外促成在偵測發射光中之信號雜訊。如圖5-1B中所展示，一或多個光子結構5-230可定位於波導5-220與光偵測器5-110之間。光子結構5-230可包含一或多個光學拒斥光子結構，包含一光譜濾波器、一偏光濾波器及一空間濾波器。光子結構5-230可經定位以沿著一共同軸線與個別樣本井5-108及其各別光偵測器5-110對準。根據某些實施例，可充當用於整合式裝置5-102之一電路之金屬層5-240亦可充當一空間濾波器。在此等實施例中，一或多個金屬層5-240可經定位以阻止某些或所有激發光到達光偵測器5-110。

【0173】耦合區域5-201可包含經組態以耦合來自一外部激發源之激發光之一或多個光學組件。耦合區域5-201可包含經定位以接收一激發光束之某些或全部之光柵耦合器5-216。適合光柵耦合器之實例闡述於2017年12月15日提出申請之標題為「OPTICAL COUPLER AND WAVEGUIDE SYSTEM」之美國專利申請案第15/844,403號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。光柵耦合器5-216可將激發光耦合至波導5-220，該波導可經組態以將激發光傳播至一或多個樣本井5-108之附近。另一選擇係，耦合區域5-201可包括用於將光耦合至一波導中之其他眾所周知之結構。

【0174】位於整合式裝置之外的組件可用於將激發源5-106定位並對準至整合式裝置。此等組件可包含光學組件，包含透鏡、鏡、稜鏡、窗、光圈、衰減器及/或光纖。額外機械組件可包含於儀器中以允許對一或多個對準組件進行控制。此等機械組件可包含致動器、步進馬達及/或旋鈕。適合激發源及對準機構之實例闡述於2016年5月20日提出申請之標題為「PULSED LASER AND SYSTEM」之美國專利申請案第15/161,088號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。一光束操縱模組之另一實例闡述於2017年12月14日提出申請之標題為「COMPACT BEAM SHAPING AND STEERING ASSEMBLY」之美國專利申請案第15/842,720號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。

【0175】可將待分析之一樣本引入至像素5-112之樣本井5-108中。樣本可為一生物樣本或任何其他適合樣本，諸如一化學樣本。樣本可包含多個分子且樣本井可經組態以隔離一單個分子。在某些例項中，樣本井之尺寸可用於將一單個分子侷限於樣本井內，從而允許對單個分子執行量測。可將激發光傳遞至樣本井5-108中，以便在樣本或者附接至樣本或以其他方式與樣本相關聯之至少一個螢光標記物係位於樣本井5-108內之一照射區內時激發該樣本或該至少一個螢光標記物。

【0176】在操作中，藉由使用激發光來激發樣本井內之某些或所有樣本且利用光偵測器自樣本發射偵測信號而對該等井內之樣本執行並行分析。來自一樣本之發射光自可由一對應光偵測器偵測到且被轉換成至少一個電信號。可沿著整合式裝置之電路中之傳導線(例如，金屬層5-240)傳輸電信號，該等傳導線可連接至與整合式裝置介接之一儀器。可隨後處理及/或分析電信號。電信號之處理或分析可發生於位於該儀器上或其之外

的一適合計算裝置上。

【0177】儀器5-104可包含用於控制儀器5-104及/或整合式裝置5-102之操作之一使用者介面。使用者介面可經組態以允許一使用者將資訊(諸如用於控制儀器之功能之命令及/或設定)輸入至儀器中。在某些實施例中，使用者介面可包含按鈕、開關、撥號盤及用於語音命令之一麥克風。使用者介面可允許一使用者接收關於儀器及/或整合式裝置之效能之回饋，諸如恰當對準及/或藉由來自整合式裝置上之光偵測器之讀出信號而獲得之資訊。在某些實施例中，使用者介面可使用一揚聲器來提供回饋以提供可聽回饋。在某些實施例中，使用者介面可包含用於向一使用者提供視覺回饋之指示器燈及/或一顯示螢幕。

【0178】在某些實施例中，儀器5-104可包含經組態以與一計算裝置連接之一電腦介面。電腦介面可為一USB介面、一火線(FireWire)介面或任何其他適合電腦介面。計算裝置可為任何一般用途電腦，諸如一膝上型或桌上型電腦。在某些實施例中，計算裝置可為可經由一適合電腦介面透過一無線網路而存取之一伺服器(例如，基於雲端之伺服器)。電腦介面可促進資訊在儀器5-104與計算裝置之間的傳遞。可將用於控制及/或組態儀器5-104之輸入資訊提供至計算裝置且經由電腦介面而傳輸至儀器5-104。可經由電腦介面而由計算裝置接收儀器5-104所產生之輸出資訊。輸出資訊可包含關於儀器5-104之效能、整合式裝置5-102之效能之回饋及/或自光偵測器5-110之讀出信號產生之資料。

【0179】在某些實施例中，儀器5-104可包含一處理裝置，該處理裝置經組態以分析自整合式裝置5-102之一或多個光偵測器接收之資料及/或將控制信號傳輸至激發源5-106。在某些實施例中，處理裝置可包括一個

一般用途處理器、一經特殊調適處理器(例如，一中央處理單元(CPU)，諸如一或多個微處理器或微控制器核心、一場可程式化閘陣列(FPGA)、一特殊應用積體電路(ASIC)、一定製積體電路、一數位信號處理器(DSP)或其一組合。)。在某些實施例中，可藉由儀器5-104之一處理裝置以及一外部計算裝置而執行對來自一或多個光偵測器之資料之處理。在其他實施例中，可省略一外部計算裝置且可僅藉由整合式裝置5-102之一處理裝置而執行對來自一或多個光偵測器之資料之處理。

【0180】 在圖5-2中繪示發生於一樣本井5-330中之一生物反應之一非限制性實例。在此實例中，核苷酸及/或核苷酸類似物至與一目標核酸互補之一生長鏈中之依序併入正發生於樣本井中。依序併入可經偵測以對一系列核酸(例如，DNA、RNA)進行定序。樣本井可具有處於大約100 nm至大約500 nm之範圍中或者彼範圍內之任何值或值範圍之一深度，及處於大約80 nm至大約200 nm之範圍中之一直徑。一金屬化層5-540 (例如，一電參考電位之一金屬化)可被圖案化於光偵測器上方來提供一光圈以阻擋來自毗鄰樣本井及其他不想要之光源之雜散光。根據某些實施例，聚合酶5-520可位於樣本井5-330內(例如，附接至樣本井之一基底)。聚合酶可吸收一目標核酸(例如，衍生自DNA之核酸之一部分)，且對互補核酸之一生長鏈進行定序以產生一DNA生長鏈5-512。用不同螢光團標記之核苷酸及/或核苷酸類似物可分散於樣本井上方及其內之一溶液中。

【0181】 當將一經標記核苷酸及/或核苷酸類似物5-610併入至互補核酸之一生長鏈中(如圖5-3中所繪示)時，一或多個經附接螢光團5-630可由自波導5-315耦合至樣本井5-330中之光學能量之脈衝重複地激發。在某些實施例中，一或若干螢光團5-630可利用任何適合鏈接體(linker) 5-620

附接至一或多個核苷酸及/或核苷酸類似物5-610。一併入事件可持續多達100 ms之一時間週期。在此時間期間，可利用一時間分級光偵測器5-322來偵測由螢光團被來自鎖模雷射之脈衝激發所產生之螢光發射脈衝。藉由將具有不同發射特性(例如，螢光衰減速率、強度、螢光波長)之螢光團附接至不同核苷酸(A、C、G、T)，在DNA鏈5-512併入有一核酸時偵測並區分不同發射特性，而能夠判定DNA生長鏈之核苷酸序列。

【0182】根據某些實施例，經組態以基於螢光發射特性而分析樣本之一儀器5-104可偵測不同螢光分子之螢光壽命及/或強度之間的差異，及/或不同環境中之相同螢光分子之壽命及/或強度之間的差異。藉由解釋之方式，圖5-4標繪(舉例而言)可表示來自兩個不同螢光分子之螢光發射之兩個不同螢光發射機率曲線(A及B)。參考曲線A (虛線)，在由一短或超短光學脈衝激發之後，自一第一分子之一螢光發射之一機率 $p_A(t)$ 可隨時間衰減，如所繪示。在某些情形中，一光子被發射之機率隨時間之降低可由一指數衰減函數 $p_A(t) = P_{Ao} e^{-t/\tau_A}$ 表示，其中 P_{Ao} 係一初始發射機率且 τ_A 係與第一螢光分子相關聯之表徵發射衰減機率之一時間參數。 τ_A 可被稱為第一螢光分子之「螢光壽命」、「發射壽命」或「壽命」。在某些情形中， τ_A 之值可因螢光分子之一局部環境而變更。其他螢光分子可具有與曲線A中所展示之發射特性不同之發射特性。舉例而言，另一螢光分子可具有不同於一單指數衰減之一衰減輪廓，且其壽命可由一半衰期值或某一其他度量表徵。

【0183】一第二螢光分子可具有一衰減輪廓，該衰減輪廓係指數的但具有一可量測地不同壽命 τ_B (如針對圖5-4中之曲線B所繪示)，從而具有一指數衰減函數 $p_B(t) = P_{Bo} e^{-t/\tau_B}$ ，其中 P_{Bo} 係一初始發射機率。在所展示之實

例中，針對曲線B之第二螢光分子之壽命比針對曲線A之壽命短，且在激發第二分子之後不久，發射機率比針對曲線A之發射機率高。在某些實施例中，不同螢光分子可具有介於自約0.1 ns至約20 ns之範圍內之壽命或半衰期值。

【0184】發明人已認識到並瞭解，可使用螢光發射壽命之差異來在不同螢光分子之存在或不存在之間進行辨別及/或在一螢光分子所經受之不同環境或條件之間進行辨別。在某些情形中，基於壽命(舉例而言，而非發射波長)而辨別螢光分子可簡化一儀器5-104之態樣。作為一實例，當基於壽命而辨別螢光分子時，波長鑑別光學器件(諸如波長濾波器、針對每一波長之專用偵測器、處於不同波長之專用脈衝光學源及/或繞射光學器件)可在數目上減少或被消除。在某些情形中，以一單個特性波長操作之一單個脈衝光學源可用於激發在光學光譜之一相同波長區域內發射但具有可量測地不同壽命之不同螢光分子。使用一單個脈衝光學源而非以不同波長操作之多個源來激發並辨別在一相同波長區域內發射之不同螢光分子的一分析系統可更簡單地操作及維護、更緊湊且可以更低成本進行製作。

【0185】雖然基於螢光壽命分析之分析系統可具有特定益處，但可藉由允許額外偵測技術而增加由一分析系統獲得之資訊量及/或偵測準確性。舉例而言，某些分析系統5-160可另外經組態以基於螢光波長及/或螢光強度而辨別一樣本之一或多個性質。

【0186】再次參考圖5-4，根據某些實施例，可利用一光偵測器來區分不同螢光壽命，該光偵測器經組態以在一螢光分子之激發之後對螢光發射事件進行時間分級。時間分級可在光偵測器之一單個電荷累積循環期間發生。一電荷累積循環係讀出事件之間的一間隔，在該間隔期間，光生載

子在時間分級光偵測器之分級箱中累積。在圖5-5中以圖形方式介紹藉由發射事件之時間分級而判定螢光壽命之概念。在僅在 t_1 之前的時間 t_e 處，一螢光分子或一相同類型(例如，對應於圖5-4之曲線B之類型)之螢光分子集合由一短或超短光學脈衝激發。針對一大的分子集合，發射強度可具有類似於曲線B之一時間量變曲線，如圖5-5中所繪示。

【0187】然而，對於此實例，針對一單個分子或小數目個分子，螢光光子之發射根據圖5-4中之曲線B之統計資料而發生。一時間分級光偵測器5-322可將自發射事件產生之載子累積至離散時間分級箱(在圖5-5中指示三個時間分級箱)中，該等離散時間分級箱相對於螢光分子之激發時間而在時間上被解析。當將大量發射事件加總時，在時間分級箱中累積之載子可近似圖5-5中所展示之衰減強度曲線，且經分級信號可用於在不同螢光分子或一螢光分子位於其中之不同環境之間進行區分。時間分級光偵測器之實例闡述於2015年8月7日提出申請之標題為「INTEGRATED DEVICE FOR TEMPORAL BINNING OF RECEIVED PHOTONS」之美國專利申請案第14/821,656號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。時間分級光偵測器之額外實例闡述於2017年12月22日提出申請之標題為「INTEGRATED PHOTODETECTOR WITH DIRECT BINNING PIXEL」之美國專利申請案第15/852,571號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。

【0188】在某些實施例中，一時間分級光偵測器可在一光子吸收/載子產生區域中產生電荷載子且將電荷載子直接傳送至一電荷載子儲存區域中之一電荷載子儲存分級箱。此一時間分級光偵測器可被稱為一「直接分級像素」。直接分級像素之實例闡述於2017年12月22日提出申請之標題

為「INTEGRATED PHOTODETECTOR WITH DIRECT BINNING PIXEL」之美國專利申請案第15/852,571號中，該美國專利申請案以其全文引用之方式併入本文中。出於解釋目的，在圖5-6中繪示一時間分級光偵測器之一非限制性實施例。如圖5-6中所展示，時間分級光偵測器5-950包含光子吸收/載子產生區域5-952、電荷載子儲存區域5-958之分級箱以及自電荷載子儲存區域5-958之分級箱讀出信號之讀出電路5-960。向其傳送一電荷載子之分級箱係基於產生電荷載子之光子吸收/載子產生區域5-952中之一光子之到達時間。圖5-6展示在電荷載子儲存區域5-958中具有兩個分級箱一分級箱0及分級箱1之時間分級光偵測器之一實例。在某些例項中，分級箱0可聚合在一觸發事件(例如，一激發光脈衝)之後的一個週期中接收之電荷載子，且分級箱1可聚合在相對於一觸發事件之一稍後時間週期中接收之電荷載子。然而，電荷儲存區域5-958可具有任何數目個分級箱，諸如一個分級箱、三個分級箱、四個分級箱或更多。時間分級光偵測器5-950可包含電極5-953、5-955及5-956，該等電極可經組態以施加電壓來建立電位梯度從而引導電荷載子。時間分級光偵測器5-950可包含拒斥區域5-965，該拒斥區域可充當一汲極或以其他方式經組態以丟棄產生於光子吸收/載子產生區域5-952中之電荷載子。在電荷載子由拒斥區域5-965拒斥時之一時間週期可經定時以在一觸發事件(諸如一激發光脈衝)期間發生。

【0189】由於一激發光脈衝可在光子吸收/載子產生區域5-952中產生若干個不想要之電荷載子，因此可在像素5-950中建立一電位梯度以在一拒斥週期期間將此等電荷載子汲取至拒斥區域5-965。作為一實例，拒斥區域5-965可包含一高電位擴散區，在該高電位擴散區處將電子汲取至

一供應電壓。拒斥區域5-965可包含將區域5-952直接電荷耦合至拒斥區域5-965之一電極5-956。電極5-956之電壓可經變化以在光子吸收/載子產生區域5-952中建立一所要電位梯度。在一拒斥週期期間，可將電極5-956之電壓設定至一位準，該位準使載子自光子吸收/載子產生區域5-952吸取至電極5-956中且吸出至供應電壓。舉例而言，可將電極5-956之電壓設定至一正電壓以吸引電子，使得該等電子自光子吸收/載子產生區域5-952被吸取至拒斥區域5-965。拒斥區域5-965可被視為一「橫向拒斥區域」，此乃因其允許將載子自區域5-952橫向地傳送至一汲極。

【0190】在拒斥週期之後，可對產生於光子吸收/載子產生區域5-952中之一光生電荷載子進行時間分級。個別電荷載子可基於其到達時間而被引導至一分級箱。為此，光子吸收/載子產生區域5-952與電荷載子儲存區域5-958之間的電位可在各別時間週期中改變以建立一電位梯度，該電位梯度致使光生電荷載子被引導至各別時間分級箱。舉例而言，在一第一時間週期期間，由電極5-953形成之一阻擋層5-962可降低，且可建立自光子吸收/載子產生區域5-952至分級箱0之一電位梯度，使得將在此週期期間產生之一載子傳送至分級箱0。然後，在一第二時間週期期間，由電極5-955形成之一阻擋層5-964可降低，且可建立自光子吸收/載子產生區域5-952至分級箱1之一電位梯度，使得將在此週期期間產生之一載子傳送至分級箱1。

【0191】在某些實施方案中，可在一激發事件之後自一螢光團僅平均發射一單個光子，如圖5-7A中所繪示。在時間 t_{e1} 處之一第一激發事件之後，在時間 t_{f1} 處之經發射光子可在一第一時間間隔內發生，使得所得電子信號在第一電子儲存分級箱中累積(貢獻至分級箱1)。在時間 t_{e2} 處之一

後續激發事件中，時間 t_{f2} 處之經發射光子可在一第二時間間隔內發生，使得所得電子信號貢獻至分級箱2。類似地，在時間 t_{e3} 處之一後續激發事件中，時間 t_{f3} 處之經發射光子可在第一時間間隔內發生，使得所得電子信號貢獻至分級箱1。

【0192】在大量激發事件及信號累積之後，時間分級光偵測器5-322之電子儲存分級箱可經讀出以提供針對一樣本井之一多值信號(例如，兩個或兩個以上值之一直方圖、一N維向量等)。每一分級箱之信號值可取決於螢光團之衰減速率。舉例而言且再次參考圖5-4，與具有一衰減曲線A之一螢光團相比，具有一衰減曲線B之一螢光團將具有分級箱1中之信號與分級箱2中之信號之一較高比率。來自分級箱之值可被分析並與校準值及/或彼此進行比較，以判定特定螢光團，此繼而識別鏈接至螢光團之核苷酸或核苷酸類似物(或任何其他所關注分子或樣本)(當在樣本井中時)。

【0193】為進一步幫助理解信號分析，可將所累積多分級箱值標繪為一直方圖(舉例而言，如圖5-7B中所繪示)，或可將該等所累積多分級箱值記錄為N維空間中之一向量或位置。可單獨地執行校準運行以針對鏈接至四個核苷酸或核苷酸類似物之四個不同螢光團獲取多值信號之校準值(例如，校準直方圖)。作為一實例，校準直方圖可顯現為如圖5-8A (與T核苷酸相關聯之螢光標記)、圖5-8B (與A核苷酸相關聯之螢光標記)、圖5-8C (與C核苷酸相關聯之螢光標記)及圖5-8D (與G核苷酸相關聯之螢光標記)中所繪示。所量測多值信號(對應於圖5-7B之直方圖)與校準多值信號之一比較可判定被併入至DNA生長鏈中之核苷酸或核苷酸類似物之身份「T」(圖5-8A)。

【0194】在某些實施方案中，另外或另一選擇係，可使用螢光強度

來在不同螢光團之間進行區分。舉例而言，某些螢光團可以顯著不同強度發射或在其激發機率上具有一顯著差異(例如，至少約35%之一差異)，即使其衰減速率可為類似的。藉由將經分級信號(分級箱1至3)引用至所量測激發光分級箱0，基於強度位準而區分不同螢光團係可能的。

【0195】在某些實施例中，可將相同類型之不同數目個螢光團鏈接至不同核苷酸或核苷酸類似物，使得可基於螢光團強度而識別核苷酸。舉例而言，可將兩個螢光團鏈接至一第一核苷酸(例如，「C」)或核苷酸類似物且可將四個或四個以上螢光團可鏈接至一第二核苷酸(例如，「T」)或核苷酸類似物。由於螢光團之不同數目，因此可存在與不同核苷酸相關聯之不同激發及螢光團發射機率。舉例而言，可在一信號累積間隔期間存在針對「T」核苷酸或核苷酸類似物之更多發射事件，使得分級箱之視在強度顯著高於「C」核苷酸或核苷酸類似物。

【0196】發明人已認識到並瞭解，基於螢光團衰減速率及/或螢光團強度而區分核苷酸或者任何其他生物或化學樣本達成一儀器5-104中之光學激發及偵測系統之一簡化。舉例而言，光學激發可利用一單波長源(例如，產生一個特性波長之一源而非多個源或以多個不同特性波長進行操作之一源)來執行。另外，可在偵測系統中不需要波長鑑別光學器件及濾波器。而且，可針對每一樣本井使用一單個光偵測器來偵測來自不同螢光團之發射。

【0197】片語「特性波長」或「波長」用於係指在一有限輻射頻寬內之一中心或主要波長(例如，在由一脈衝光學源輸出之一20 nm頻寬內之一中心或峰值波長)。在某些情形中，「特性波長」或「波長」可用於係指在由一源輸出之一總輻射頻寬內之一峰值波長。

【0198】發明人已認識到並瞭解，具有在約560 nm與約900 nm之間的一範圍中之發射波長之螢光團可提供充足量之螢光來由一時間分級光偵測器(其可使用CMOS製程來製作於一矽晶圓上)偵測。此等螢光團可鏈接至所關注生物分子，諸如核苷酸或核苷酸類似物。與處於較長波長之螢光相比，此波長範圍中之螢光發射可在一基於矽之光偵測器中以較高回應度被偵測到。另外，此波長範圍中之螢光團及相關聯鏈接體可不干擾核苷酸或核苷酸類似物至DNA生長鏈中之併入。發明人亦認識到並瞭解，可利用一單波長源來光學激發具有在約560 nm與約660 nm之間的一範圍中之發射波長之螢光團。此範圍中之一實例性螢光團係可自馬薩諸塞州沃爾瑟姆之Thermo Fisher Scientific公司獲得之Alexa Fluor 647。發明人亦認識到並瞭解，可需要處於較短波長(例如，約500 nm與約650 nm之間)之激發光來激發以介於約560 nm與約900 nm之間的波長發射之螢光團。在某些實施例中，時間分級光偵測器可(例如)藉由將其他材料(諸如Ge)併入至光偵測器作用區域中而高效地偵測來自樣本之較長波長發射。

【0199】在某些實施例中，可用一或多個標記物來標記一樣本，且與標記物相關聯之發射可由儀器辨別。舉例而言，光偵測器可經組態以將來自發射光之光子轉換為電子以形成可用於辨別一壽命之一電信號，該壽命取決於來自一特定標記物之發射光。藉由使用具有不同壽命之標記物來標記樣本，可基於由光偵測器偵測到之所得電信號而識別特定樣本。

【0200】一樣本可含有多種類型之分子且不同發光標記物可唯一地與一分子類型相關聯。在激發期間或之後，發光標記物可發射發射光。發射光之一或多個性質可用於識別樣本中之一或多種類型之分子。用於在若干分子類型當中進行區分之發射光之性質可包含一螢光壽命值、強度及/

或發射波長。一光偵測器可偵測光子(包含發射光之光子)，且提供指示此等性質中之一或多者之電信號。在某些實施例中，來自一光偵測器之電信號可提供關於跨越一或多個時間間隔之光子到達時間之一分佈之資訊。光子到達時間之分佈可對應於在由一激發源發射一激發光脈衝之後何時偵測到一光子。一時間間隔之一值可對應於在該時間間隔期間偵測到之光子之一數目。跨越多個時間間隔之相對值可提供對發射光之一時間特性(例如，壽命)之一指示。分析一樣本可包含藉由比較一分佈內之兩個或兩個以上不同時間間隔之值而在標記物當中進行區分。在某些實施例中，可藉由判定跨越一分佈中之所有時間分級箱之光子之一數目而提供強度之一指示。

【0201】IV. 總結

【0202】所闡述實施例可以各種組合來實施。實例性組態包含以下組態(1)至(19)、(20)至(34)、(35)至(42)及(43)至(48)，以及方法(49)至(67)、(68)至(82)、(83)至(91)及(92)至(96)。

【0203】(1)一種整合式光子裝置包括：複數個樣本井，其配置成一行；一第一波導，其經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合；及一功率波導，其經組態以自該整合式光子裝置之與該列樣本井分開之一區域接收光且與該第一波導光學耦合。

【0204】(2)如(1)之整合式光子裝置，其中該第一波導經組態以沿著該第一波導之長度與該功率波導光學耦合。

【0205】(3)如(1)或(2)之整合式光子裝置，其中該第一波導經組態以與該功率波導漸逝耦合。

【0206】(4)如(1)至(3)之整合式光子裝置，其中該功率波導具有比

該第一波導大的寬度。

【0207】(5)如(1)至(4)之整合式光子裝置，其中該功率波導經組態以將光功率之一第一部分光學耦合至該第一波導且將光功率之一第二部分光學耦合至一第二波導。

【0208】(6)如(5)之整合式光子裝置，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0209】(7)如(5)或(6)之整合式光子裝置，其進一步包括配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0210】(8)如(1)至(3)之整合式光子裝置，其中該功率波導經組態以透過具有第一耦合係數之一第一定向耦合器而與該第一波導光學耦合且透過具有第二耦合係數之一第二定向耦合器而與一第二波導光學耦合，該第二耦合係數大於該第一耦合係數。

【0211】(9)如(8)之整合式光子裝置，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0212】(10)如(8)或(9)之整合式光子裝置，其中該第一定向耦合器被定位成比該第二定向耦合器更接近於該功率波導之光學輸入。

【0213】(11)如(8)至(10)之整合式光子裝置，其進一步包括配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0214】(12)如(1)至(11)之整合式光子裝置，其中該功率波導經組態以透過具有小於大約100 μm 之耦合長度之一定向耦合器而與該第一波導光學耦合。

【0215】(13)如(1)至(12)之整合式光子裝置，其中該功率波導與該第一波導之間的耦合強度沿著穿過該功率波導之光傳播方向增加。

【0216】(14)如(1)至(13)之整合式光子裝置，其中該第一波導具有比該功率波導高的傳播損失。

【0217】(15)如(1)至(14)之整合式光子裝置，其進一步包括一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該功率波導光學耦合。

【0218】(16)如(1)至(15)之整合式光子裝置，其進一步包括一第二波導，其中該第一波導經組態以與該列中之一第一樣本井光學耦合且一第二波導經組態以與該列中之一第二樣本井光學耦合。

【0219】(17)如(1)至(16)之整合式光子裝置，其中該第一波導具有一錐形端。

【0220】(18)如(17)之整合式光子裝置，其中該第一波導經組態以在遠離該錐形端之一位置處與該功率波導漸逝耦合。

【0221】(19)如(1)至(18)之整合式光子裝置，其進一步包括至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經定位以接收自該至少兩個樣本井中之一各別者發射之光。

【0222】(20)一種整合式光子裝置包括：配置成若干列之樣本井之一陣列；及複數個波導，其包含經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。

【0223】(21)如(20)之整合式光子裝置，其中該列中之樣本井之第三群組定位於該第一群組與該第二群組之間。

【0224】(22)如(21)之整合式光子裝置，其中該第三群組中之一樣本井經組態以接收比該第一群組中之一樣本井及/或該第二群組中之一樣本井少的光功率。

【0225】(23)如(22)之整合式光子裝置，其中該第一波導係位於距該第一群組中之一樣本井第一距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第二距離處，該第一距離小於該第二距離。

【0226】(24)如(23)之整合式光子裝置，其中該第二波導係位於距該第二群組中之一樣本井第三距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第四距離處，該第三距離小於該第四距離。

【0227】(25)如(20)至(24)之整合式光子裝置，其中該第一波導在樣本井之該第一群組與樣本井之該第二群組之間的一區域中係彎曲的。

【0228】(26)如(25)之整合式光子裝置，其中該第二波導在該區域中係彎曲的。

【0229】(27)如(20)至(26)之整合式光子裝置，其中該第一波導經定位以與該第一群組中之每一樣本井漸逝耦合且該第二波導經定位以與該第二群組中之每一樣本井漸逝耦合。

【0230】(28)如(20)至(27)之整合式光子裝置，其中該第一波導沿著經組態以與樣本井之該第一群組漸逝耦合之一部分係錐形的且該第二波導沿著經組態以與樣本井之該第二群組漸逝耦合之一部分係錐形的。

【0231】(29)如(20)至(28)之整合式光子裝置，其中該整合式光子裝置進一步包括一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該複數個波導光學耦合。

【0232】(30)如(20)至(29)之整合式光子裝置，其中該第一波導與樣

本井之該第二群組光學解耦且該第二波導與樣本井之該第一群組光學解耦。

【0233】(31)如(20)至(30)之整合式光子裝置，其中該第一群組中之該等樣本井與該第二群組中之該等樣本井沿著一軸線實質上對準。

【0234】(32)如(31)之整合式光子裝置，其中該第一波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【0235】(33)如(32)之整合式光子裝置，其中該第二波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【0236】(34)如(20)至(33)之整合式光子裝置，其進一步包括至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經組態以接收自該第一群組中之一各別樣本井發射之光。

【0237】(35)一種整合式光子裝置包括：至少一個波導；及一光學耦合區域，其包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0238】(36)如(35)之整合式光子裝置，其中該平面通過該光柵耦合器之一軸線。

【0239】(37)如(35)或(36)之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括在實質上平行於該平面之方向上彼此橫向偏移之至少兩個材料層。

【0240】(38)如(35)至(37)之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器包

括彼此接觸之至少兩個材料層。

【0241】(39)如(35)至(38)之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器包括彼此間隔開一距離之至少兩個材料層。

【0242】(40)如(35)至(39)之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【0243】(41)如(35)至(40)之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括一經完全蝕刻材料部分。

【0244】(42)如(35)至(41)之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器係一炫耀光柵耦合器。

【0245】(43)如(35)至(42)之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者相對於實質上垂直於該表面之一平面係不對稱的。

【0246】(44)一種整合式光子裝置包括：至少一個波導；及一光學耦合區域，其包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0247】(45)如(44)之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【0248】(46)如(44)或(45)之整合式光子裝置，其中該等材料結構藉由具有可變寬度之間隙而彼此間隔開。

【0249】(47)如(46)之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器包括形成於該等間隙中之一介電材料。

【0250】(48)如(44)至(47)之整合式光子裝置，其中該等材料結構具有可變寬度。

【0251】(49)一種形成一整合式光子裝置之方法包括：形成配置成一系列之複數個樣本井；形成一第一波導，該第一波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合；及形成一功率波導，該功率波導經組態以自該整合式光子裝置之與該列樣本井分開之一區域接收光且與該第一波導光學耦合。

【0252】(50)如(49)之方法，其中該第一波導經組態以沿著該第一波導之長度與該功率波導光學耦合。

【0253】(51)如(49)或(50)之方法，其中該第一波導經組態以與該功率波導漸逝耦合。

【0254】(52)如(49)至(51)之方法，其中該功率波導具有比該第一波導大的寬度。

【0255】(53)如(49)至(52)之方法，其中該功率波導經組態以將光功率之一第一部分光學耦合至該第一波導且將光功率之一第二部分光學耦合至一第二波導。

【0256】(54)如(53)之方法，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0257】(55)如(53)或(54)之方法，其進一步包括形成配置成一第二列之第二複數個樣本井配置，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0258】(56)如(49)至(55)之方法，其中該功率波導經組態以透過具有第一耦合係數之一第一定向耦合器而與該第一波導光學耦合且透過具有

第二耦合係數之一第二定向耦合器而與一第二波導光學耦合，該第二耦合係數大於該第一耦合係數。

【0259】(57)如(56)之方法，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0260】(58)如(56)或(57)之方法，其中該第一定向耦合器被定位成比該第二定向耦合器更接近於該功率波導之光學輸入。

【0261】(59)如(56)至(58)之方法，其進一步包括形成配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【0262】(60)如(49)至(59)之方法，其中該功率波導經組態以透過具有小於大約100 μm 之耦合長度之一定向耦合器而與該第一波導光學耦合。

【0263】(61)如(49)至(60)之方法，其中該功率波導與該第一波導之間的耦合強度沿著穿過該功率波導之光傳播方向增加。

【0264】(62)如(49)至(61)之方法，其中該第一波導具有比該功率波導高的傳播損失。

【0265】(63)如(49)至(62)之方法，其進一步包括形成一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該功率波導光學耦合。

【0266】(64)如(49)至(63)之方法，其進一步包括形成一第二波導，其中該第一波導經組態以與該列中之一第一樣本井光學耦合且一第二波導經組態以與該列中之一第二樣本井光學耦合。

【0267】(65)如(49)至(64)之方法，其中該第一波導具有一錐形端。

【0268】(66)如(65)之方法，其中該第一波導經組態以在遠離該錐形端之一位置處與該功率波導漸逝耦合。

【0269】(67)如(49)至(66)之方法，其進一步包括形成至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經定位以接收自該至少兩個樣本井中之一各別者發射之光。

【0270】(68)一種形成一整合式光子裝置之方法包括：形成配置成若干列之樣本井之一陣列；及形成複數個波導，該複數個波導包含經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。

【0271】(69)如(68)之方法，其中該列中之樣本井之第三群組定位於該第一群組與該第二群組之間。

【0272】(70)如(69)之方法，其中該第三群組中之一樣本井經組態以接收比該第一群組中之一樣本井及/或該第二群組中之一樣本井少的光功率。

【0273】(71)如(70)之方法，其中該第一波導係位於距該第一群組中之一樣本井第一距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第二距離處，該第一距離小於該第二距離。

【0274】(72)如(71)之方法，其中該第二波導係位於距該第二群組中之一樣本井第三距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第四距離處，該第三距離小於該第四距離。

【0275】(73)如(68)至(72)之方法，其中該第一波導在樣本井之該第一群組與樣本井之該第二群組之間的一區域中係彎曲的。

【0276】(74)如(73)之方法，其中該第二波導在該區域中係彎曲的。

【0277】(75)如(68)至(74)之方法，其中該第一波導經定位以與該第一群組中之每一樣本井漸逝耦合且該第二波導經定位以與該第二群組中之每一樣本井漸逝耦合。

【0278】(76)如(68)至(75)之方法，其中該第一波導沿著經組態以與樣本井之該第一群組漸逝耦合之一部分係錐形的且該第二波導沿著經組態以與樣本井之該第二群組漸逝耦合之一部分係錐形的。

【0279】(77)如(68)至(76)之方法，其中該方法進一步包括形成一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該複數個波導光學耦合。

【0280】(78)如(68)至(77)之方法，其中該第一波導與樣本井之該第二群組光學解耦且該第二波導與樣本井之該第一群組光學解耦。

【0281】(79)如(68)至(78)之方法，其中該第一群組中之該等樣本井與該第二群組中之該等樣本井沿著一軸線實質上對準。

【0282】(80)如(79)之方法，其中該第一波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【0283】(81)如(80)之方法，其中該第二波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【0284】(82)如(68)至(81)之方法，其進一步包括形成至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經組態以接收自該第一群組中之一各別樣本井發射之光。

【0285】(83)一種形成一整合式光子裝置之方法包括：形成至少一個波導；及形成一光學耦合區域，該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之

一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0286】(84)如(83)之方法，其中該平面通過該光柵耦合器之一軸線。

【0287】(85)如(83)或(84)之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括在實質上平行於該平面之方向上彼此橫向偏移之至少兩個材料層。

【0288】(86)如(83)至(85)之方法，其中該光柵耦合器包括彼此接觸之至少兩個材料層。

【0289】(87)如(83)至(86)之方法，其中該光柵耦合器包括彼此間隔開一距離之至少兩個材料層。

【0290】(88)如(83)至(87)之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【0291】(89)如(83)至(88)之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括一經完全蝕刻材料部分。

【0292】(90)如(83)至(89)之方法，其中該光柵耦合器係一炫耀光柵耦合器。

【0293】(91)如(83)至(90)之方法，其中該等材料結構中之至少一者相對於實質上垂直於該表面之一平面係不對稱的。

【0294】(92)一種形成一整合式光子裝置之方法包括：形成至少一個波導；及形成一光學耦合區域，該光學耦合區域包括：一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結

構；及至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【0295】(93)如(92)之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【0296】(94)如(92)或(93)之方法，其中該等材料結構藉由具有可變寬度之間隙而彼此間隔開。

【0297】(95)如(92)至(94)之方法，其中該光柵耦合器包括形成於該等間隙中之一介電材料。

【0298】(96)如(92)至(95)之方法，其中該等材料結構具有可變寬度。

【0299】在已因此闡述此申請案之技術之數個態樣及實施例後，將瞭解，熟習此項技術者將容易地想到各種更改、修改及改良。此等更改、修改及改良意欲在本申請案中所闡述之技術之精神及範疇內。因此，應理解前述實施例僅以實例方式呈現且在隨附申請專利範圍及其等效物之範疇內，可不同於所具體闡述來實踐發明實施例。另外，若兩個或兩個以上特徵、系統、物件、材料、套組及/或方法不相互矛盾，則此等特徵、系統、物件、材料、套組及/或方法之任何組合包含於本發明之範疇內。

【0300】而且，如所闡述，某些態樣可體現為一或多個方法。作為方法之一部分執行之行動可以任何適合方式排序。因此，實施例可經構造，其中以不同於所圖解說明之一次序執行行動，其可包含同時執行某些行動，即使在說明性實施例中展示為依序行動。

【0301】本文中所定義及使用之所有定義應理解為控制在辭典定義、以引用方式併入之文檔中之定義及/或所定義術語之普遍意義以內。

【0302】除非明確指示為相反，否則如本文中在說明書及申請專利範圍中使用之不定冠詞「一(a及an)」應理解為意指「至少一個」。

【0303】如本文中在說明書及申請專利範圍中所使用之片語「及/或」應理解為意指如此結合之元件中之「任一者或兩者」，亦即，在某些情形中以結合方式存在且在其他情形中以分開方式存在之元件。

【0304】如本文中在說明書及申請專利範圍中所使用，參考一或多個要素之一清單之片語「至少一個」應理解為意指選自要素清單中之要素中之任何一或多者之至少一個要素，但未必包含要素清單內具體列出之各自及每一要素中之至少一者，且不排除要素清單中要素之任何組合。此定義亦允許可視情況存在除片語「至少一個」所指之要素清單內具體識別之要素之外的要素，無論與具體識別之彼等要素相關還是不相關。

【0305】在申請專利範圍以及以上說明書中，所有過渡性片語(諸如「包括」、「包含」、「攜載」、「具有」、「含有」、「涉及」、「固持」、「由...構成」及諸如此類)應理解為係開放式的，亦即，意指包含但不限於。過渡性片語「由...組成」及「基本上由...組成」應分別係封閉式或半封閉式過渡性片語。

【符號說明】

【0306】

1-102: 整合式裝置

1-106: 金屬層

1-108: 樣本井

1-108a: 樣本井

1-108b: 樣本井

- 1-108c: 樣本井
- 1-108d: 樣本井
- 1-108e: 樣本井
- 1-108f: 樣本井
- 1-110: 光偵測器
- 1-112: 像素
- 1-201: 耦合區域/區域
- 1-202: 路由區域/區域
- 1-203: 像素區域/區域
- 1-216: 光柵耦合器
- 1-220: 波導
- 2-220: 錐形波導/波導
- 2-222: 頂部包覆層
- 3-108a: 樣本井
- 3-108b: 樣本井
- 3-108c: 樣本井
- 3-108d: 樣本井
- 3-108e: 樣本井
- 3-108f: 樣本井
- 3-110: 區域
- 3-112: 區域
- 3-114: 區域
- 3-208a: 樣本井

- 3-208b: 樣本井
- 3-208c: 樣本井
- 3-208d: 樣本井
- 3-208e: 樣本井
- 3-208f: 樣本井
- 3-208g: 樣本井
- 3-220a: 波導
- 3-220b: 波導
- 3-220c: 波導
- 3-220d: 波導
- 3-220e: 波導
- 3-220f: 波導
- 3-230a: 波導/功率波導
- 3-230b: 功率波導/波導
- 3-240a: 波導
- 3-240b: 波導
- 3-240c: 波導
- 3-240d: 波導
- 3-250a: 功率分配器
- 3-250b: 功率分配器
- 3-308a: 樣本井
- 3-308b: 樣本井
- 3-308c: 樣本井

- 3-308d: 樣本井
- 3-308e: 樣本井
- 3-308f: 樣本井
- 3-308g: 樣本井
- 3-308h: 樣本井
- 3-330a: 功率波導
- 3-330b: 功率波導
- 3-340a: 波導
- 3-340b: 波導
- 3-340c: 波導
- 3-340d: 波導
- 3-408a: 樣本井
- 3-408b: 樣本井
- 3-408c: 樣本井
- 3-408d: 樣本井
- 3-430: 功率波導
- 3-440a: 波導
- 3-440b: 波導
- 3-440c: 波導
- 3-440d: 波導
- 3-450a: 功率分配器
- 3-450b: 功率分配器
- 3-450c: 功率分配器

3-460: 光學連接

3-508: 樣本井

3-530: 功率波導

3-540: 波導

3-550: 功率分配器

4-100: 變跡光柵耦合器/光柵耦合器

4-120a: 材料結構

4-120b: 材料結構

4-120c: 材料結構

4-122a: 間隙

4-122b: 間隙

4-122c: 間隙

4-220: 波導

4-400: 炫耀光柵耦合器/光柵耦合器

4-420: 波導

4-425: 材料結構

4-800: 雙層光柵耦合器/光柵耦合器

4-820: 波導

4-825: 材料結構

4-1200: 光柵耦合器

4-1220: 波導

4-1225: 材料結構

4-1300: 光柵耦合器

- 4-1320: 波導
- 4-1325: 材料結構
- 4-1400: 寬頻光柵耦合器
- 4-1420: 波導
- 4-1430: 區域
- 4-1435: 區域
- 4-1800: 光柵耦合器
- 4-1820a: 輸出波導
- 4-1820b: 輸出波導
- 4-1900: 光柵耦合器
- 4-1920a: 輸出波導
- 4-1920b: 輸出波導
- 4-1920c: 輸出波導
- 4-1920d: 輸出波導
- 4-2000: 光柵耦合器
- 4-2020a: 輸出波導
- 4-2020b: 輸出波導
- 5-100: 系統
- 5-102: 整合式裝置
- 5-104: 儀器
- 5-106: 激發源/源
- 5-108: 樣本井
- 5-110: 光偵測器

- 5-112: 像素
- 5-116: 金屬層
- 5-201: 耦合區域
- 5-202: 路由區域
- 5-203: 像素區域
- 5-216: 光柵耦合器
- 5-220: 波導
- 5-230: 光子結構
- 5-240: 金屬層
- 5-315: 波導
- 5-322: 時間分級光偵測器
- 5-330: 樣本井
- 5-512: DNA生長鏈/DNA鏈
- 5-520: 聚合酶
- 5-540: 金屬化層
- 5-610: 經標記核苷酸/經標記核苷酸類似物/核苷酸/核苷酸類似物
- 5-620: 鏈接體
- 5-630: 經附接螢光團/螢光團
- 5-950: 時間分級光偵測器/像素
- 5-952: 光子吸收/載子產生區域/區域
- 5-953: 電極
- 5-955: 電極
- 5-956: 電極

- 5-958: 電荷載子儲存區域/電荷儲存區域
- 5-960: 讀出電路
- 5-962: 阻擋層
- 5-964: 阻擋層
- 5-965: 拒斥區域
- A: 核苷酸/螢光發射機率曲線/曲線/衰減曲線
- a₁: 寬度
- a₂: 寬度
- B: 螢光發射機率曲線/曲線/衰減曲線
- b: 寬度
- C: 核苷酸/第一核苷酸
- D: 尺寸
- D₁: 距離
- D₂: 距離
- d_c: 寬度
- D_{Offset}: 尺寸/色彩熱圖標繪參數
- d_p: 寬度
- D_{Trench}: 寬度
- G: 核苷酸/尺寸
- P: 尺寸/間距
- p_A(t): 機率
- P_{Ao}: 初始發射機率
- P_{Bo}: 初始發射機率

T: 核苷酸/第二核苷酸

t₁: 時間

t_e: 時間

t_{e1}: 時間

t_{e2}: 時間

t_{e3}: 時間

t_{f1}: 時間

t_{f2}: 時間

t_{f3}: 時間

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種整合式光子裝置，其包括：
複數個樣本井，其配置成一行；
一第一波導，其經定位以與該行中之至少兩個樣本井光學耦合；及
一功率波導，其經組態以自該整合式光子裝置之與該行樣本井分開之一區域接收光且與該第一波導光學耦合。

【請求項2】

如請求項1之整合式光子裝置，其中該第一波導經組態以沿著該第一波導之長度與該功率波導光學耦合。

【請求項3】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導經組態以與該功率波導漸逝耦合。

【請求項4】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該功率波導具有比該第一波導大的寬度。

【請求項5】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該功率波導經組態以將光功率之一第一部分光學耦合至該第一波導且將光功率之一第二部分光學耦合至一第二波導。

【請求項6】

如請求項5或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第二波導經定位以與該行中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項7】

如請求項5或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其進一步包括配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項8】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該功率波導經組態以透過具有第一耦合係數之一第一定向耦合器而與該第一波導光學耦合且透過具有第二耦合係數之一第二定向耦合器而與一第二波導光學耦合，該第二耦合係數大於該第一耦合係數。

【請求項9】

如請求項8或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項10】

如請求項8或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一定向耦合器被定位成比該第二定向耦合器更接近於該功率波導之光學輸入。

【請求項11】

如請求項8或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其進一步包括配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項12】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該功率波導經組態以透過具有小於大約100 μm 之耦合長度之一定向耦合器而與該第一波導光學耦合。

【請求項13】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該功率波導與該第一波導之間的耦合強度沿著穿過該功率波導之光傳播方向增加。

【請求項14】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導具有比該功率波導高的傳播損失。

【請求項15】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其進一步包括一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該功率波導光學耦合。

【請求項16】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其進一步包括一第二波導，其中該第一波導經組態以與該列中之一第一樣本井光學耦合且一第二波導經組態以與該列中之一第二樣本井光學耦合。

【請求項17】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導具有一錐形端。

【請求項18】

如請求項17或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導經組態以在遠離該錐形端之一位置處與該功率波導漸逝耦合。

【請求項19】

如請求項1或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其進一步包括至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經定位以接收自該至少兩個樣本

井中之一各別者發射之光。

【請求項20】

一種整合式光子裝置，其包括：

配置成若干列之樣本井之一陣列；及

複數個波導，其包含經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。

【請求項21】

如請求項20之整合式光子裝置，其中該列中之樣本井之第三群組定位於該第一群組與該第二群組之間。

【請求項22】

如請求項21或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第三群組中之一樣本井經組態以接收比該第一群組中之一樣本井及/或該第二群組中之一樣本井少的光功率。

【請求項23】

如請求項22或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導係位於距該第一群組中之一樣本井第一距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第二距離處，該第一距離小於該第二距離。

【請求項24】

如請求項23或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第二波導係位於距該第二群組中之一樣本井第三距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第四距離處，該第三距離小於該第四距離。

【請求項25】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導在樣本井之該第一群組與樣本井之該第二群組之間的一區域中係彎曲的。

【請求項26】

如請求項25或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第二波導在該區域中係彎曲的。

【請求項27】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導經定位以與該第一群組中之每一樣本井漸逝耦合且該第二波導經定位以與該第二群組中之每一樣本井漸逝耦合。

【請求項28】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導沿著經組態以與樣本井之該第一群組漸逝耦合之一部分係錐形的且該第二波導沿著經組態以與樣本井之該第二群組漸逝耦合之一部分係錐形的。

【請求項29】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該整合式光子裝置進一步包括一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該複數個波導光學耦合。

【請求項30】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導與樣本井之該第二群組光學解耦且該第二波導與樣本井之該第一群組光學解耦。

【請求項31】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一群組中之該等樣本井與該第二群組中之該等樣本井沿著一軸線實質上對準。

【請求項32】

如請求項31或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第一波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【請求項33】

如請求項32或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該第二波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【請求項34】

如請求項20或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其進一步包括至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經組態以接收自該第一群組中之一各別樣本井發射之光。

【請求項35】

一種整合式光子裝置，其包括：

至少一個波導；及

一光學耦合區域，其包括：

一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及

至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【請求項36】

如請求項35之整合式光子裝置，其中該平面通過該光柵耦合器之一軸線。

【請求項37】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括在實質上平行於該平面之方向上彼此橫向偏移之至少兩個材料層。

【請求項38】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器包括彼此接觸之至少兩個材料層。

【請求項39】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器包括彼此間隔開一距離之至少兩個材料層。

【請求項40】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【請求項41】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括一經完全蝕刻材料部分。

【請求項42】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器係一炫耀光柵耦合器。

【請求項43】

如請求項35或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者相對於實質上垂直於該表面之一平面係不對稱的。

【請求項44】

一種整合式光子裝置，其包括：

至少一個波導；及

一光學耦合區域，其包括：

一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構；及

至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【請求項45】

如請求項44之整合式光子裝置，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【請求項46】

如請求項44或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該等材料結構藉由具有可變寬度之間隙而彼此間隔開。

【請求項47】

如請求項46或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該光柵耦合器包括形成於該等間隙中之一介電材料。

【請求項48】

如請求項44或任一其他前述請求項之整合式光子裝置，其中該等材料結構具有可變寬度。

【請求項49】

一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：

形成配置成一系列之複數個樣本井；

形成一第一波導，該第一波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合；及

形成一功率波導，該功率波導經組態以自該整合式光子裝置之與該列樣本井分開之一區域接收光且與該第一波導光學耦合。

【請求項50】

如請求項49之方法，其中該第一波導經組態以沿著該第一波導之長度與該功率波導光學耦合。

【請求項51】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導經組態以與該功率波導漸逝耦合。

【請求項52】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該功率波導具有比該第一波導大的寬度。

【請求項53】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該功率波導經組態以將光功率之一第一部分光學耦合至該第一波導且將光功率之一第二部分光學耦合至一第二波導。

【請求項54】

如請求項53或任一其他前述請求項之方法，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項55】

如請求項53或任一其他前述請求項之方法，其進一步包括形成配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項56】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該功率波導經組態以透過具有第一耦合係數之一第一定向耦合器而與該第一波導光學耦合且透過具有第二耦合係數之一第二定向耦合器而與一第二波導光學耦合，該第二耦合係數大於該第一耦合係數。

【請求項57】

如請求項56或任一其他前述請求項之方法，其中該第二波導經定位以與該列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項58】

如請求項56或任一其他前述請求項之方法，其中該第一定向耦合器被定位成比該第二定向耦合器更接近於該功率波導之光學輸入。

【請求項59】

如請求項56或任一其他前述請求項之方法，其進一步包括形成配置成一第二列之第二複數個樣本井，其中該第二波導經定位以與該第二列中之至少兩個樣本井光學耦合。

【請求項60】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該功率波導經組態以透過具有小於大約100 μm 之耦合長度之一定向耦合器而與該第一波導光學耦合。

【請求項61】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該功率波導與該第一波導之間的耦合強度沿著穿過該功率波導之光傳播方向增加。

【請求項62】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導具有比該功率波導高的傳播損失。

【請求項63】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其進一步包括形成一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該功率波導光學耦合。

【請求項64】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其進一步包括形成一第二波導，其中該第一波導經組態以與該列中之一第一樣本井光學耦合且一第二波導經組態以與該列中之一第二樣本井光學耦合。

【請求項65】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導具有一錐形端。

【請求項66】

如請求項65或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導經組態以在遠離該錐形端之一位置處與該功率波導漸逝耦合。

【請求項67】

如請求項49或任一其他前述請求項之方法，其進一步包括形成至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經定位以接收自該至少兩個樣本井中

之一各別者發射之光。

【請求項68】

一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：

形成配置成若干列之樣本井之一陣列；及

形成複數個波導，該複數個波導包含經定位以與一列中之樣本井之第一群組光學耦合之一第一波導及經定位以與該列中之樣本井之第二群組光學耦合之一第二波導。

【請求項69】

如請求項68之方法，其中該列中之樣本井之第三群組定位於該第一群組與該第二群組之間。

【請求項70】

如請求項69或任一其他前述請求項之方法，其中該第三群組中之一樣本井經組態以接收比該第一群組中之一樣本井及/或該第二群組中之一樣本井少的光功率。

【請求項71】

如請求項70或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導係位於距該第一群組中之一樣本井第一距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第二距離處，該第一距離小於該第二距離。

【請求項72】

如請求項71或任一其他前述請求項之方法，其中該第二波導係位於距該第二群組中之一樣本井第三距離處且位於距該第三群組中之該樣本井第四距離處，該第三距離小於該第四距離。

【請求項73】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導在樣本井之該第一群組與樣本井之該第二群組之間的一區域中係彎曲的。

【請求項74】

如請求項73或任一其他前述請求項之方法，其中該第二波導在該區域中係彎曲的。

【請求項75】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導經定位以與該第一群組中之每一樣本井漸逝耦合且該第二波導經定位以與該第二群組中之每一樣本井漸逝耦合。

【請求項76】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導沿著經組態以與樣本井之該第一群組漸逝耦合之一部分係錐形的且該第二波導沿著經組態以與樣本井之該第二群組漸逝耦合之一部分係錐形的。

【請求項77】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其中該方法進一步包括形成一光柵耦合器，該光柵耦合器經組態以自該整合式光子裝置之一表面接收光且與該複數個波導光學耦合。

【請求項78】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導與樣本井之該第二群組光學解耦且該第二波導與樣本井之該第一群組光學解耦。

【請求項79】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其中該第一群組中之該等樣本井與該第二群組中之該等樣本井沿著一軸線實質上對準。

【請求項80】

如請求項79或任一其他前述請求項之方法，其中該第一波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【請求項81】

如請求項80或任一其他前述請求項之方法，其中該第二波導之至少一部分實質上平行於該軸線。

【請求項82】

如請求項68或任一其他前述請求項之方法，其進一步包括形成至少一個光偵測器，該至少一個光偵測器經組態以接收自該第一群組中之一各別樣本并發射之光。

【請求項83】

一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：

形成至少一個波導；及

形成一光學耦合區域，該光學耦合區域包括：

一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有關於實質上平行於該表面之一平面不對稱之材料結構；及

至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【請求項84】

如請求項83之方法，其中該平面通過該光柵耦合器之一軸線。

【請求項85】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該等材料結構中之

至少一者包括在實質上平行於該平面之方向上彼此橫向偏移之至少兩個材料層。

【請求項86】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該光柵耦合器包括彼此接觸之至少兩個材料層。

【請求項87】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該光柵耦合器包括彼此間隔開一距離之至少兩個材料層。

【請求項88】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【請求項89】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括一經完全蝕刻材料部分。

【請求項90】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該光柵耦合器係一炫耀光柵耦合器。

【請求項91】

如請求項83或任一其他前述請求項之方法，其中該等材料結構中之至少一者相對於實質上垂直於該表面之一平面係不對稱的。

【請求項92】

一種形成一整合式光子裝置之方法，其包括：
形成至少一個波導；及

形成一光學耦合區域，該光學耦合區域包括：

一光柵耦合器，其光學耦合至該至少一個波導且經組態以接收入射至該整合式光子裝置之一表面之光，該光柵耦合器具有以一可變填充因子彼此間隔開之材料結構；及

至少一個監視感測器，其接近於與該光柵耦合器重疊之一區域而定位且經組態以接收入射至該光柵耦合器之光。

【請求項93】

如請求項92之方法，其中該等材料結構中之至少一者包括一經部分蝕刻材料部分。

【請求項94】

如請求項92或任一其他前述請求項之方法，其中該等材料結構藉由具有可變寬度之間隙而彼此間隔開。

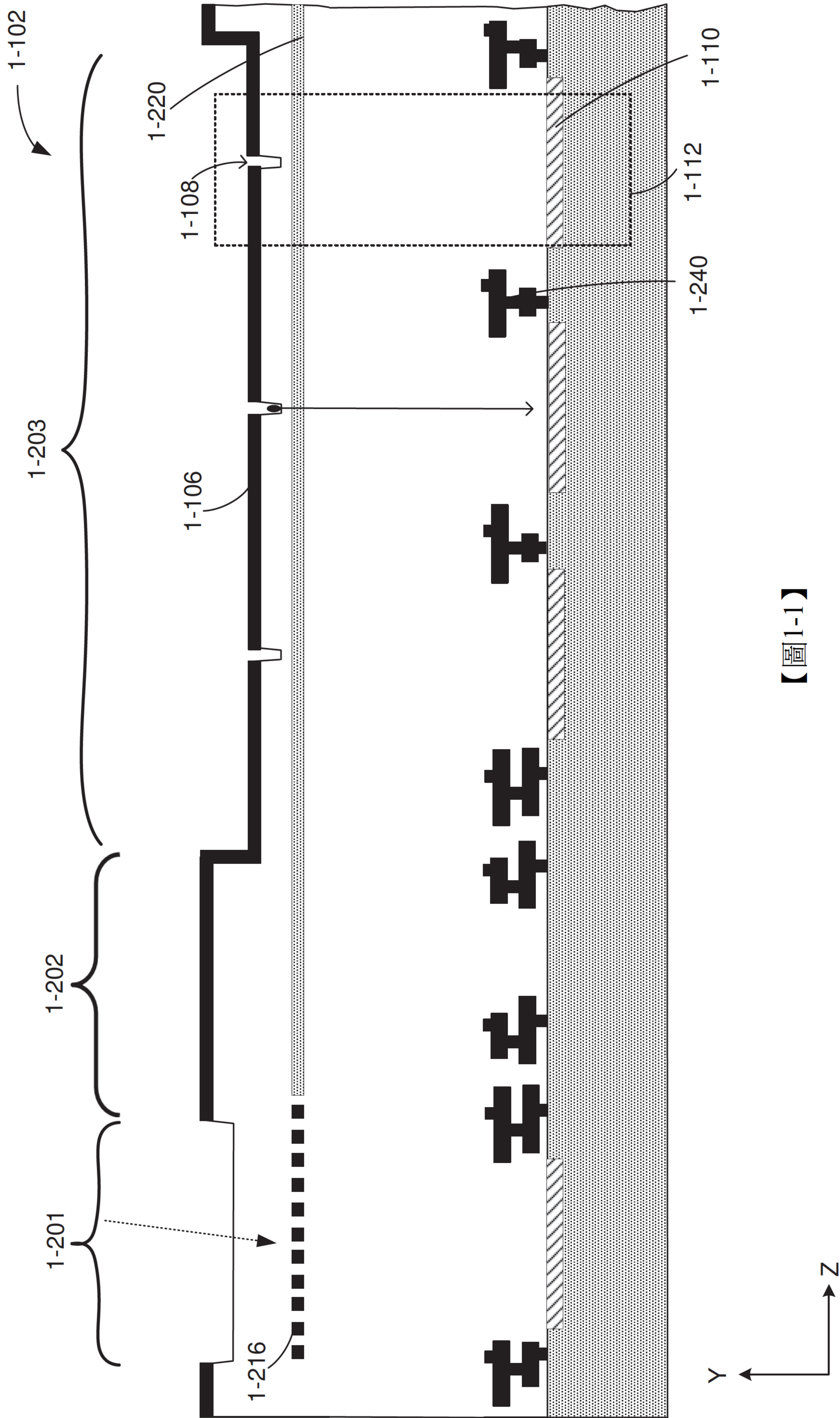
【請求項95】

如請求項92或任一其他前述請求項之方法，其中該光柵耦合器包括形成於該等間隙中之一介電材料。

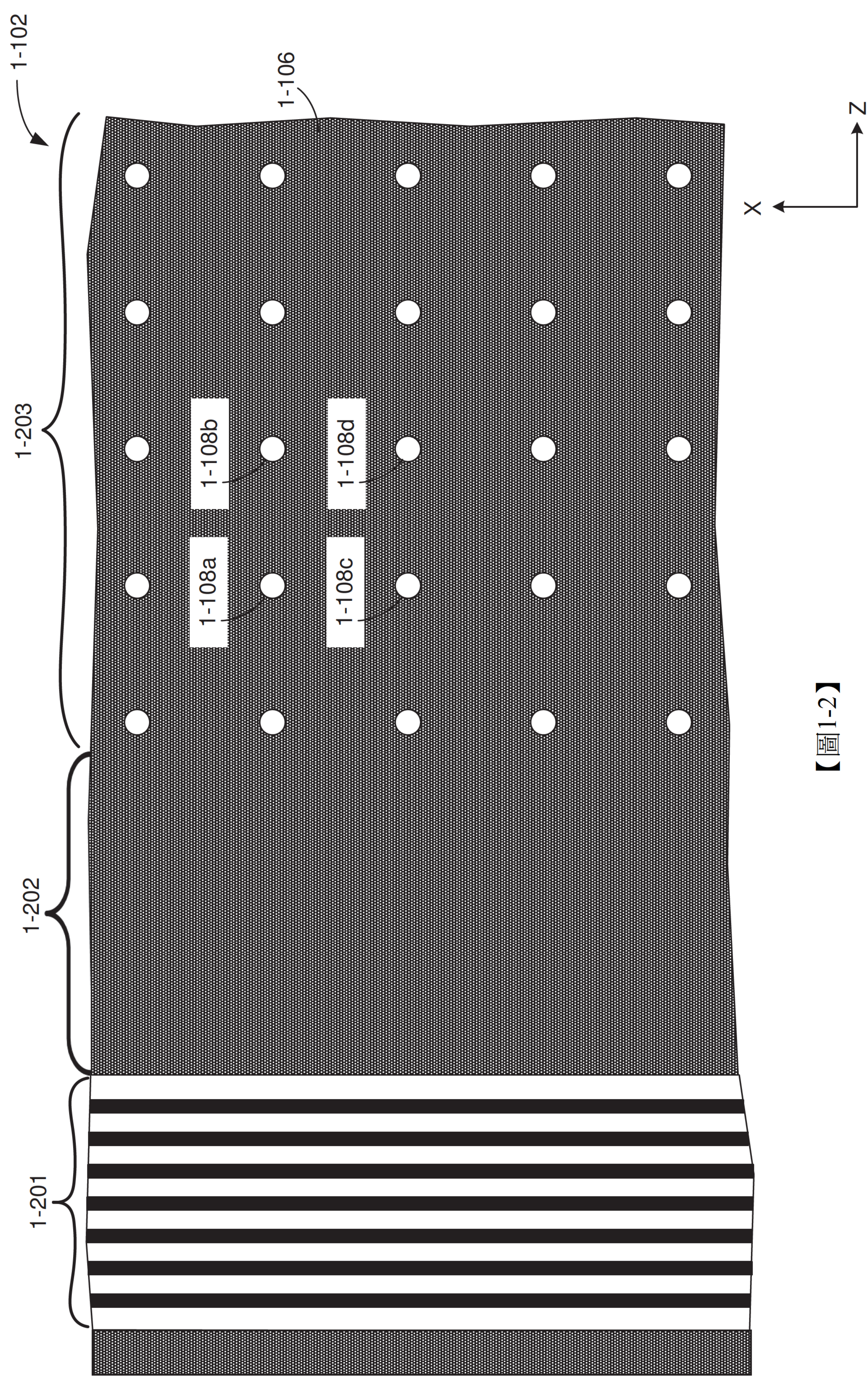
【請求項96】

如請求項92或任一其他前述請求項之方法，其中該等材料結構具有可變寬度。

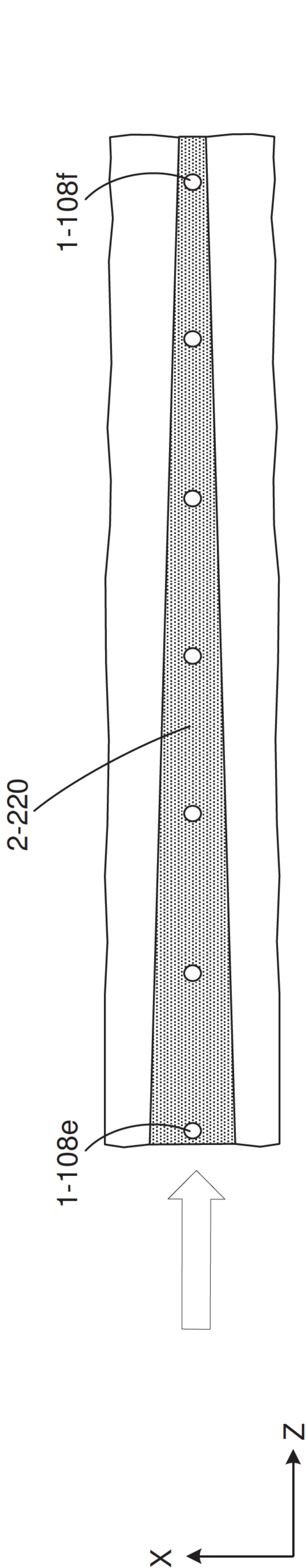
【發明圖式】



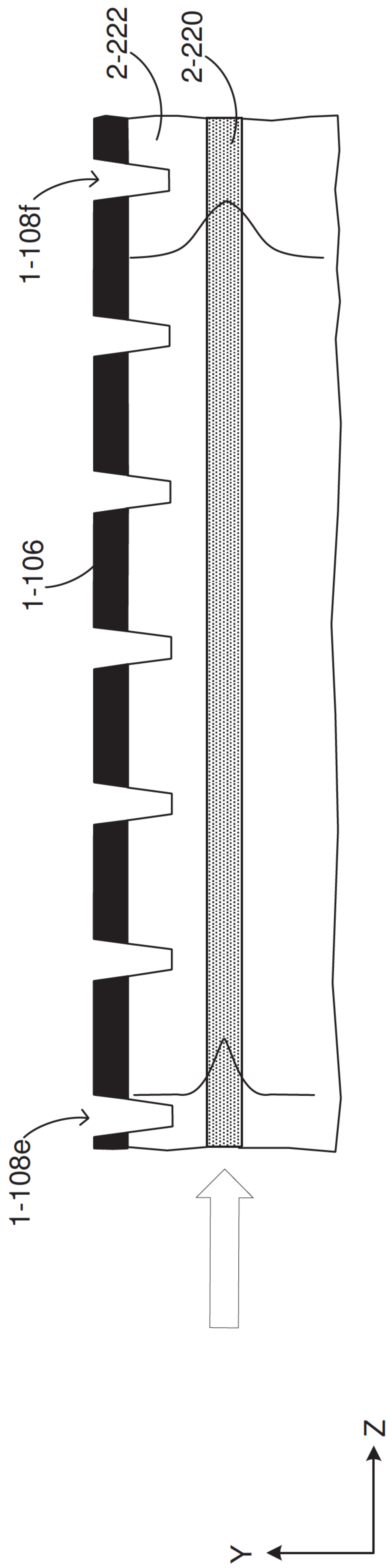
【圖1-1】



【圖1-2】

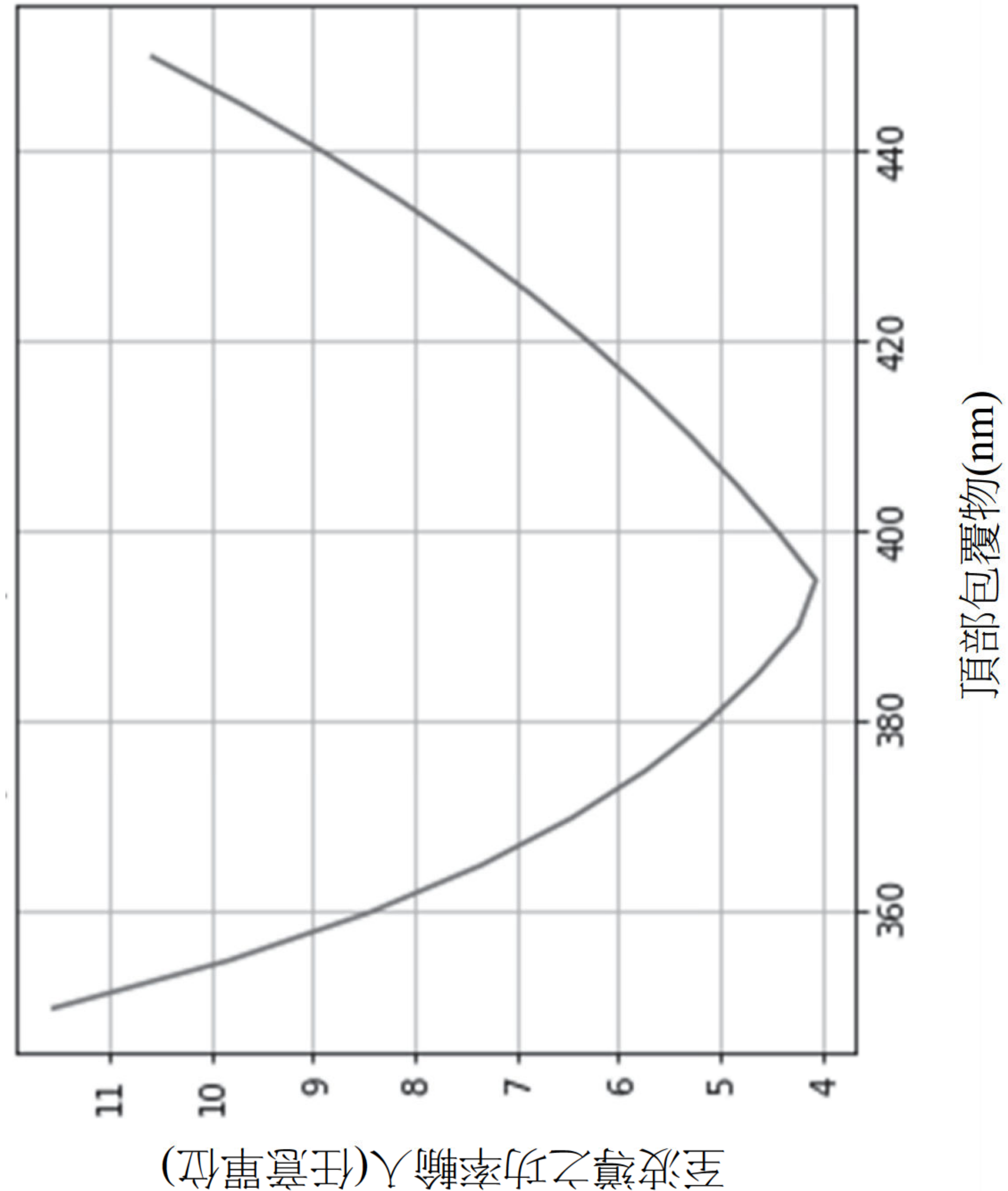


【圖2-1A】



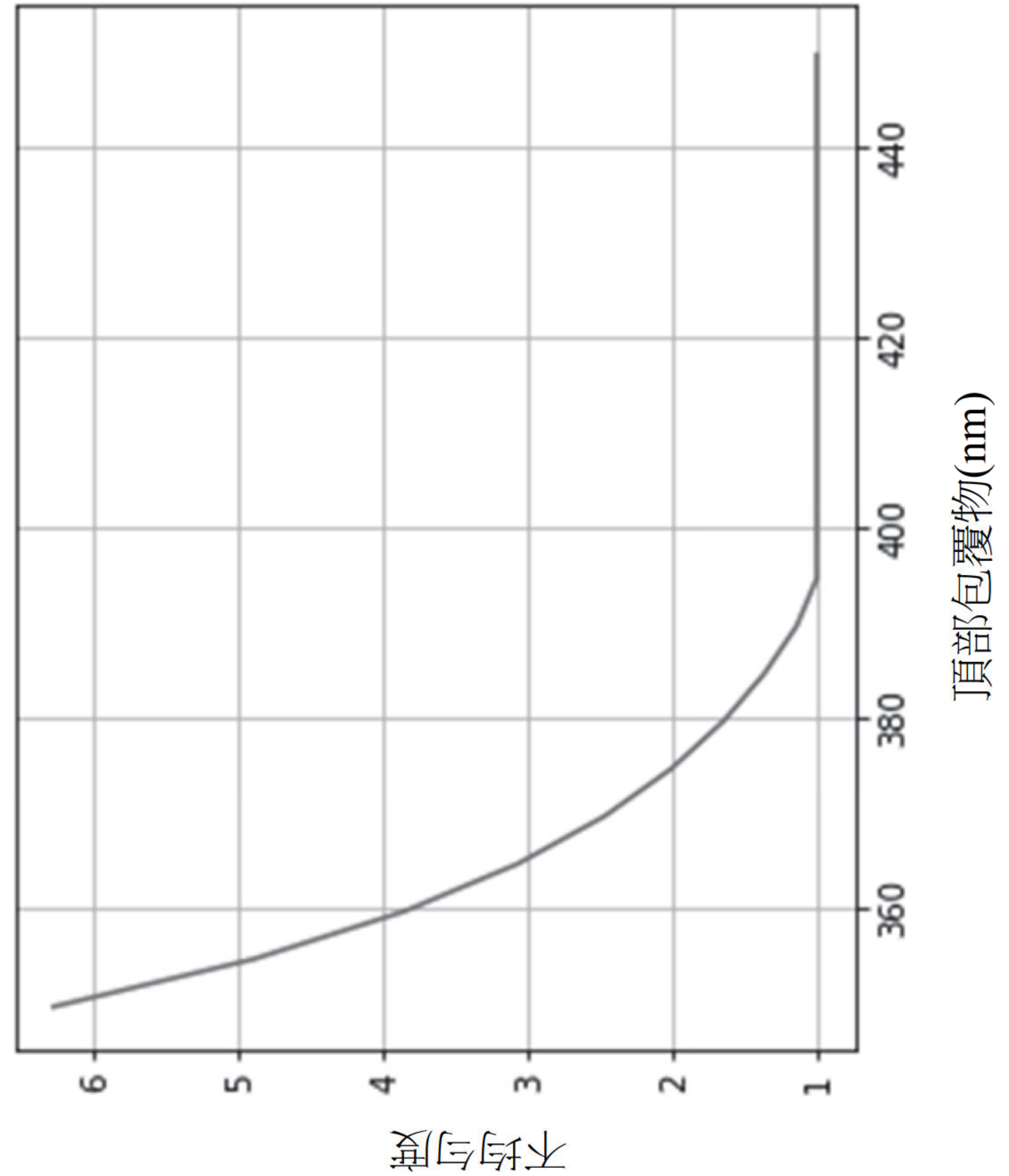
【圖2-1B】

非線性錐形，1024像素，1300 nm最大值，300 nm最小值

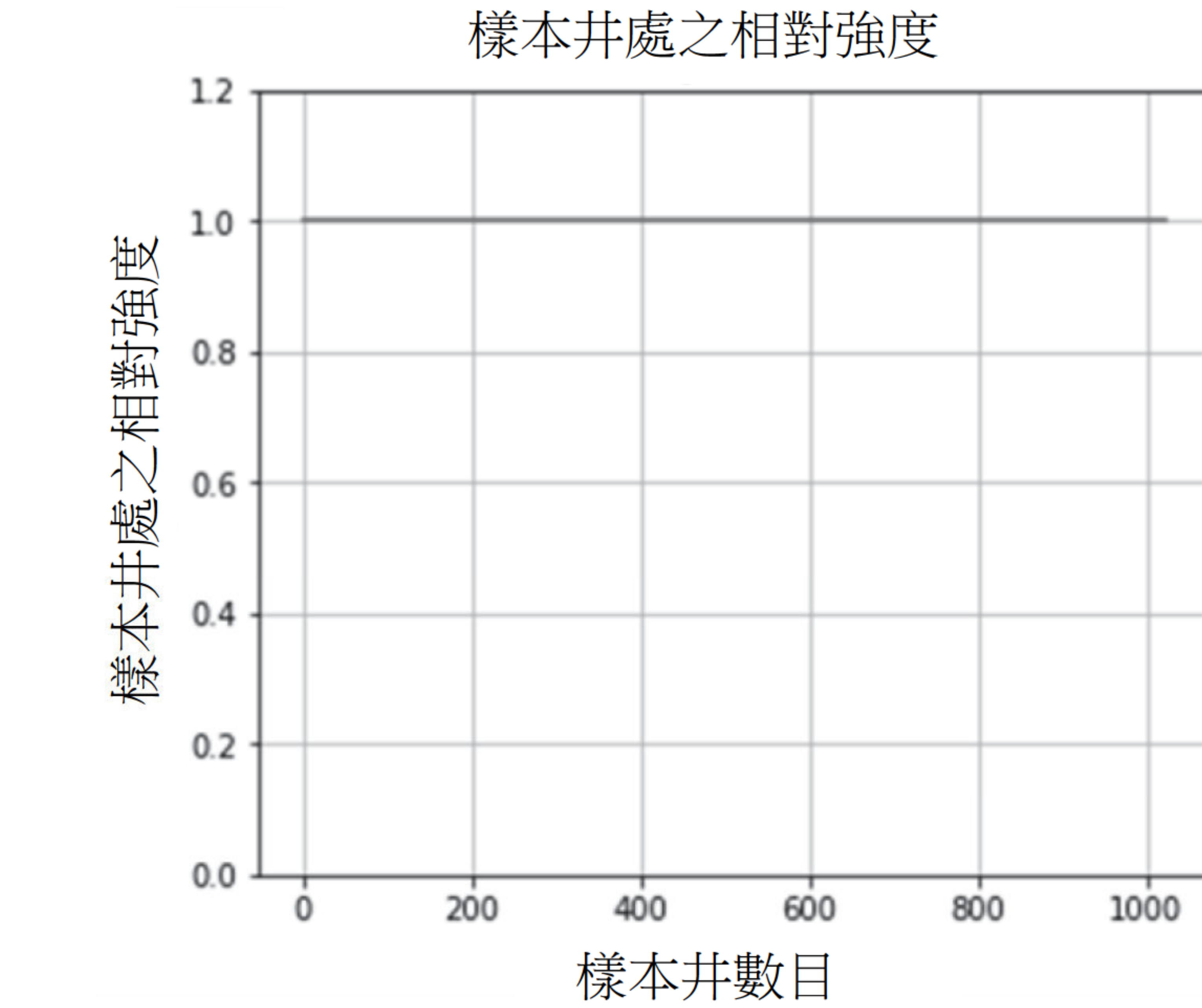


【圖2-2】

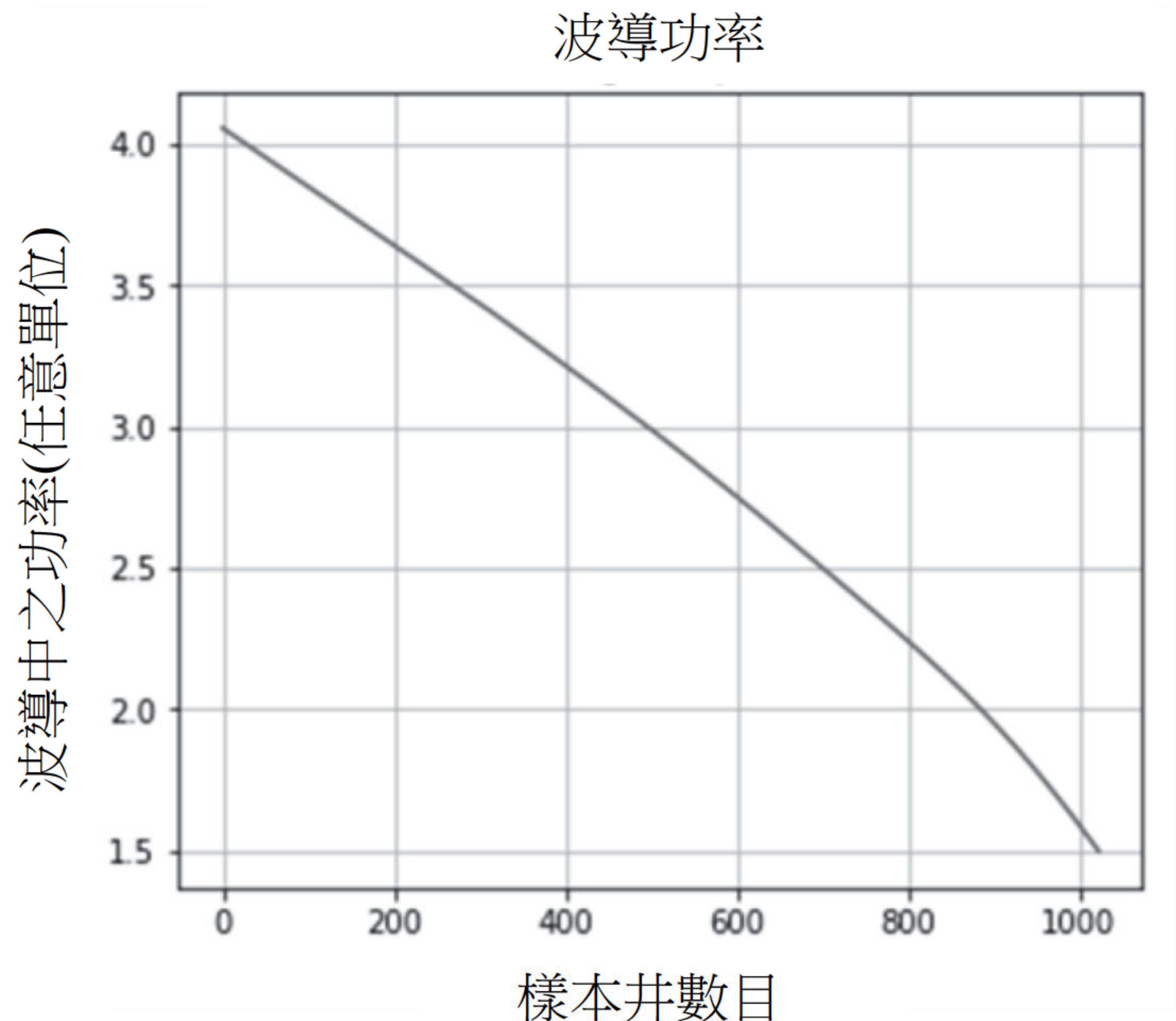
非線性錐形，1024像素，1300 nm最大值，300 nm最小值



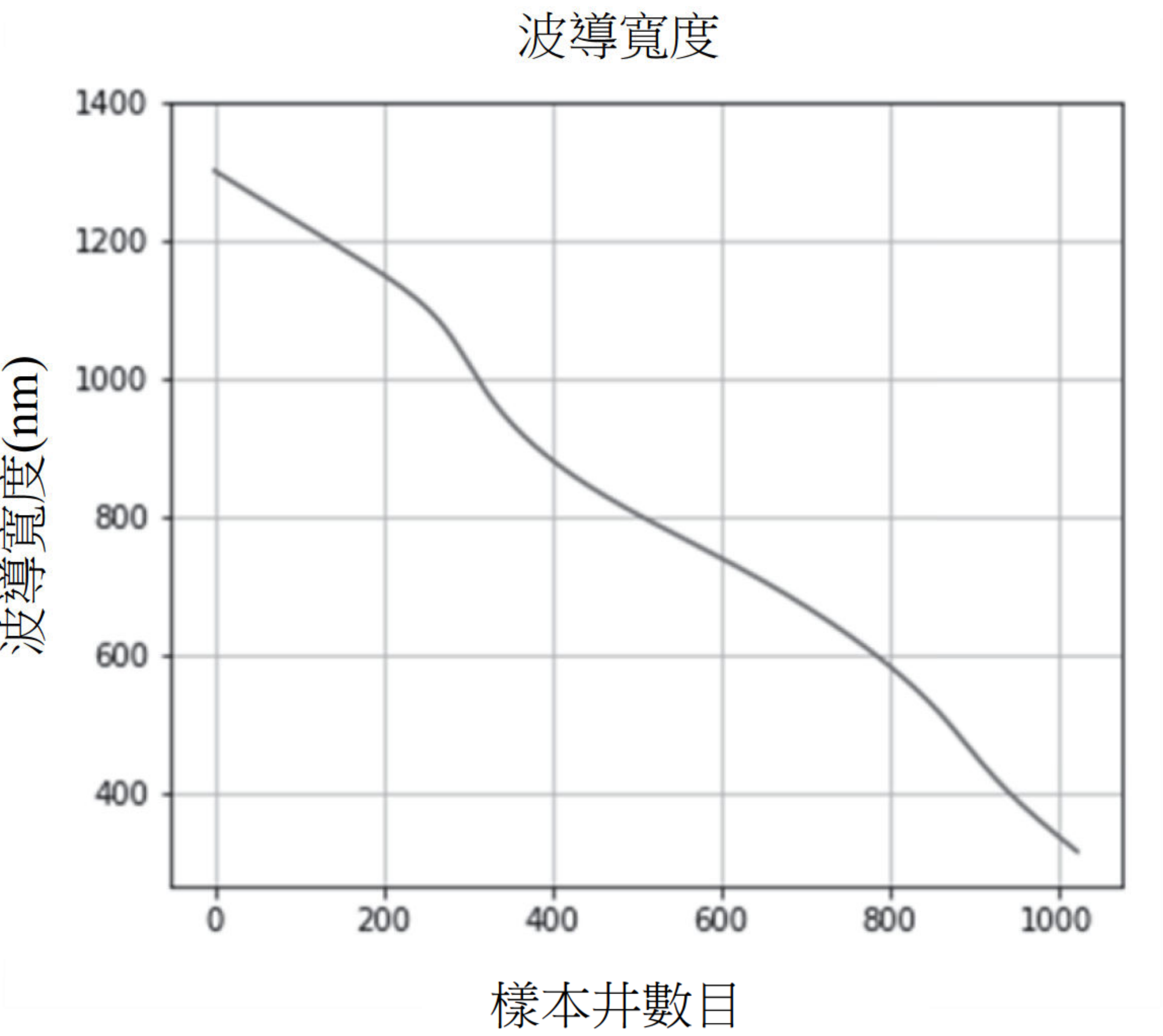
【圖2-3】



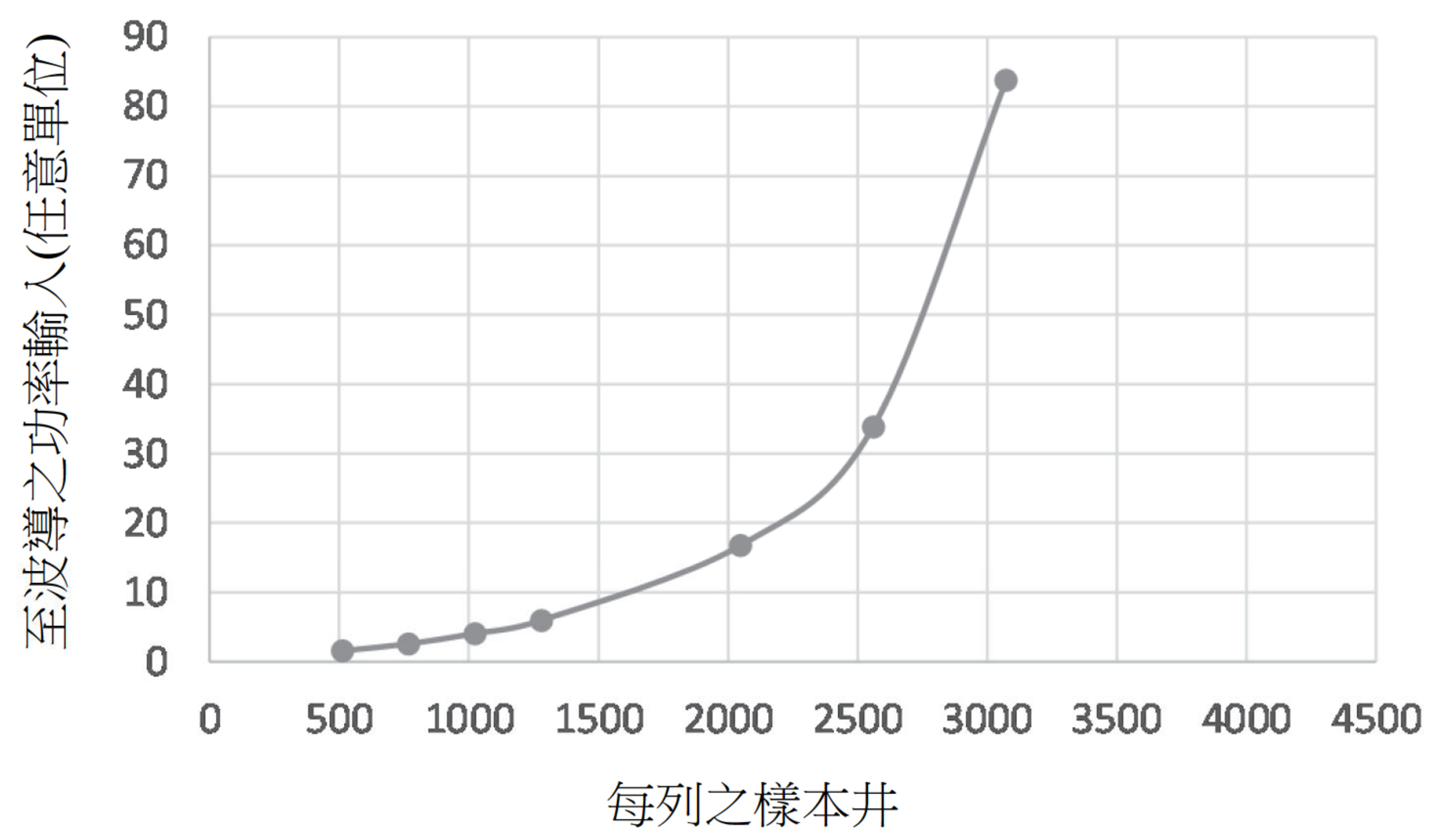
【圖2-4】



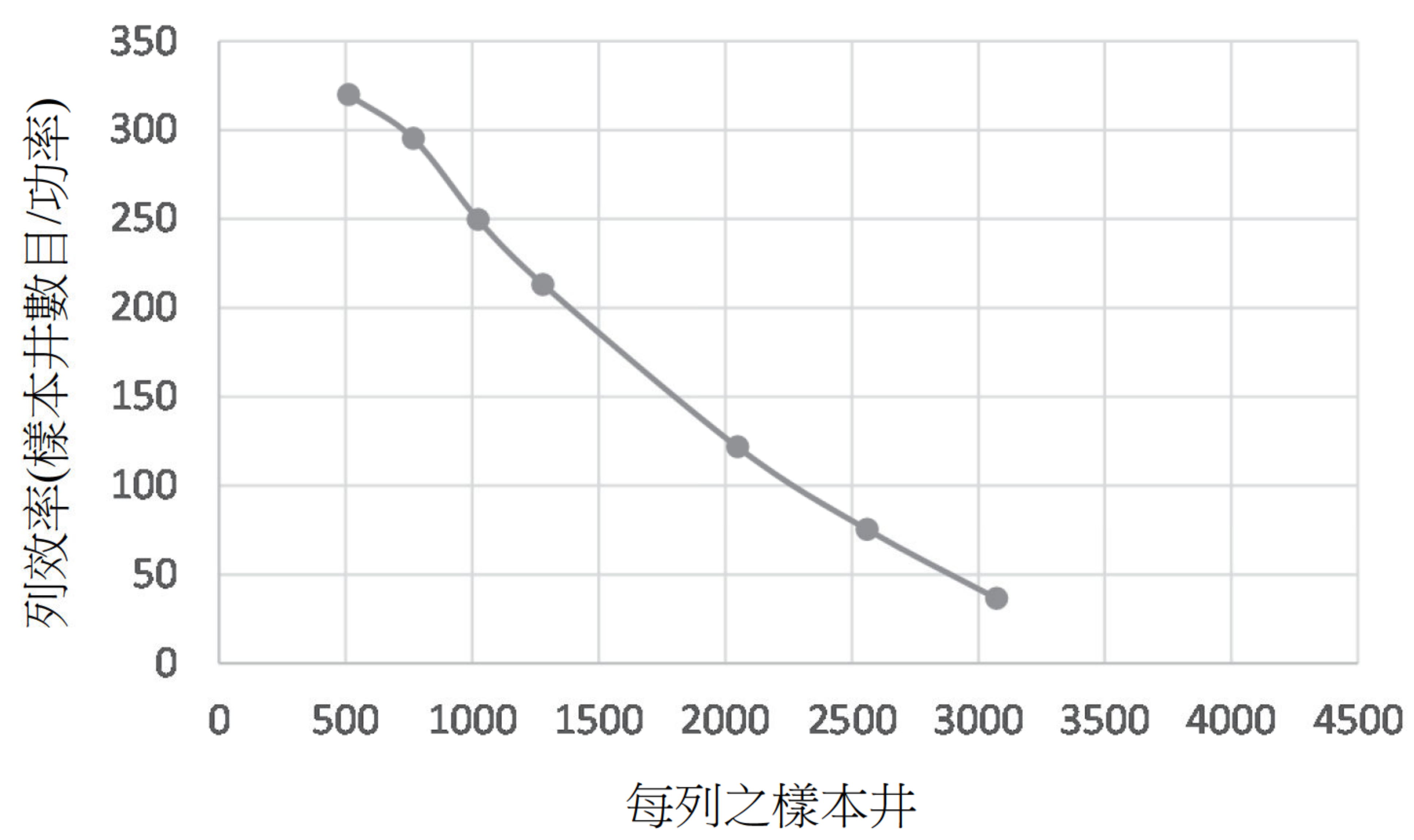
【圖2-5】



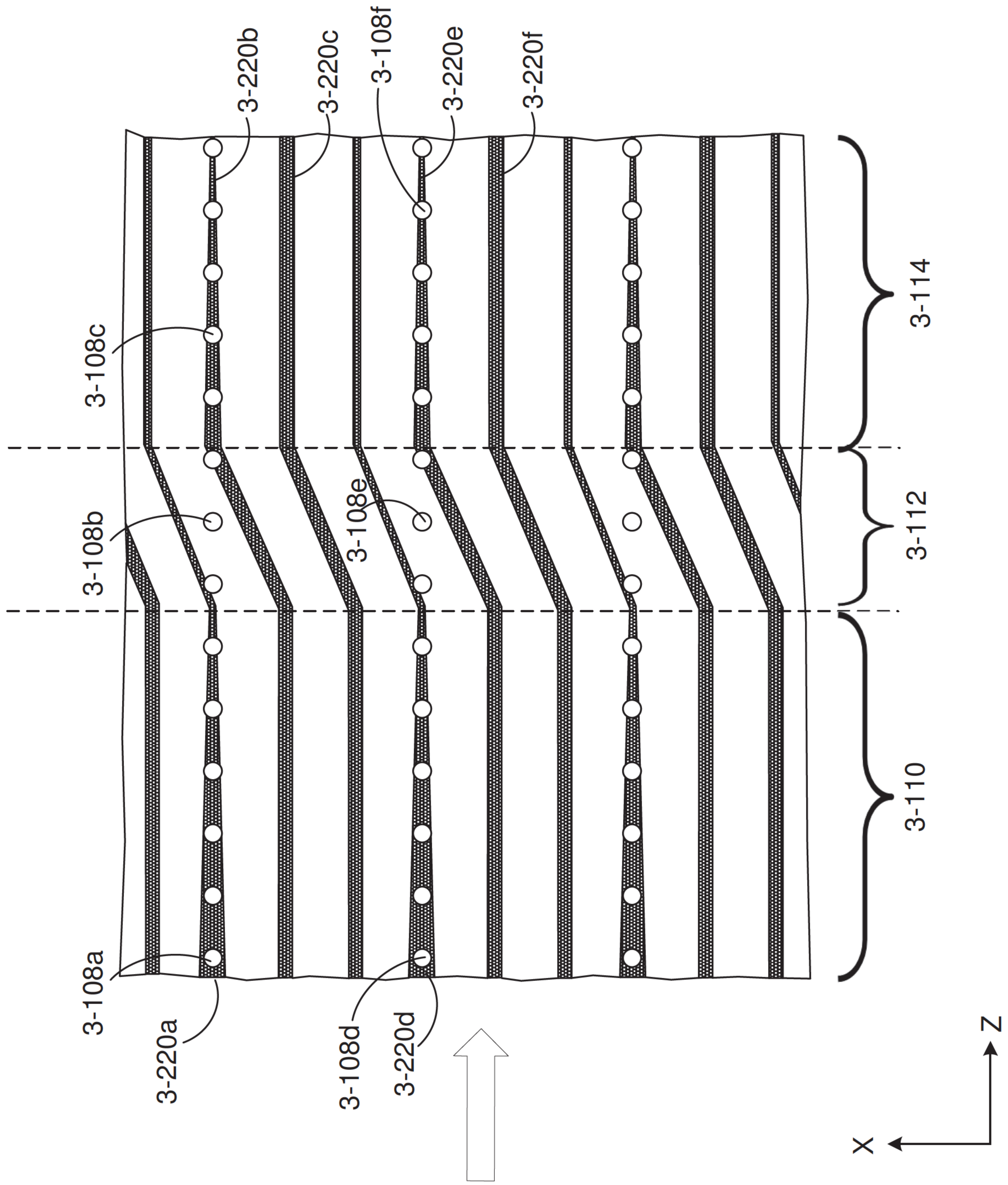
【圖2-6】



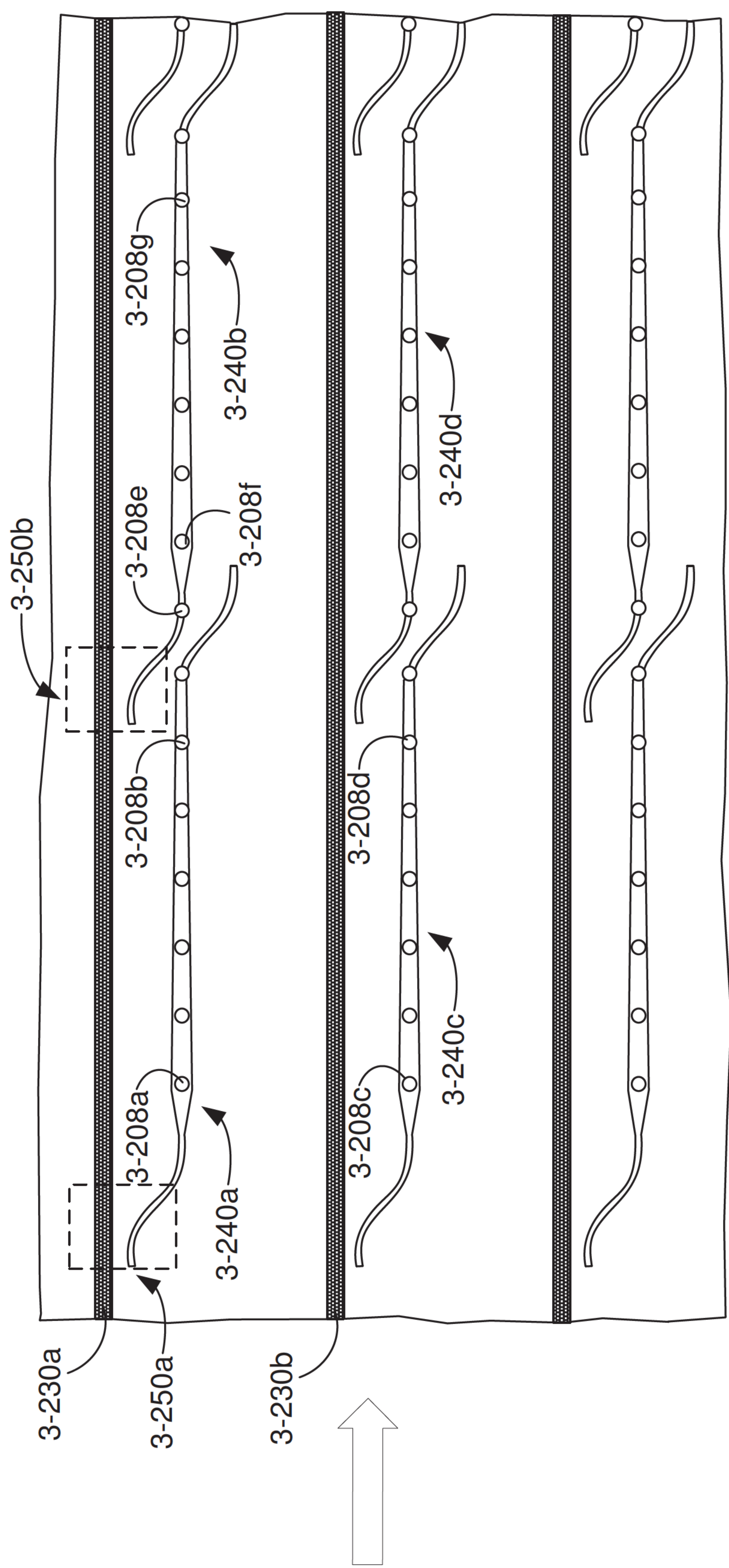
【圖2-7】



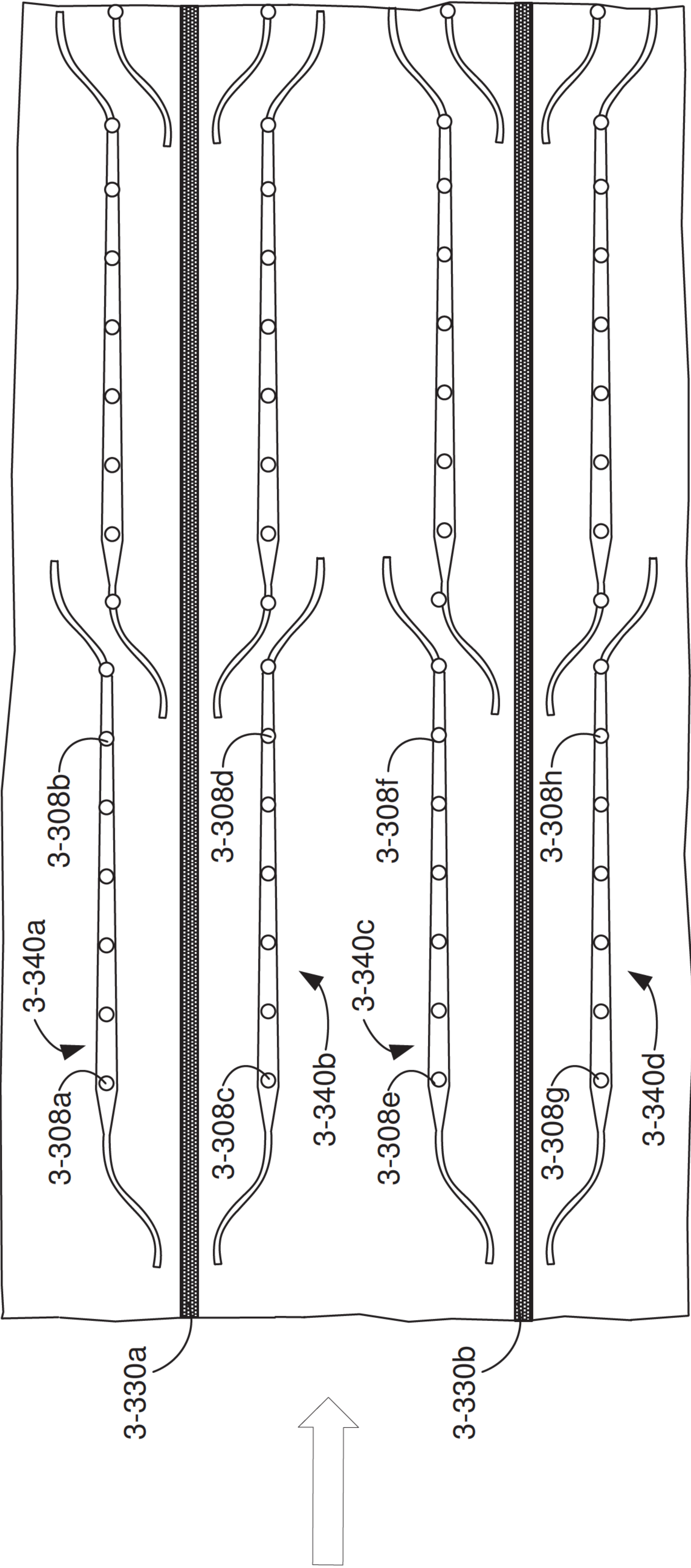
【圖2-8】



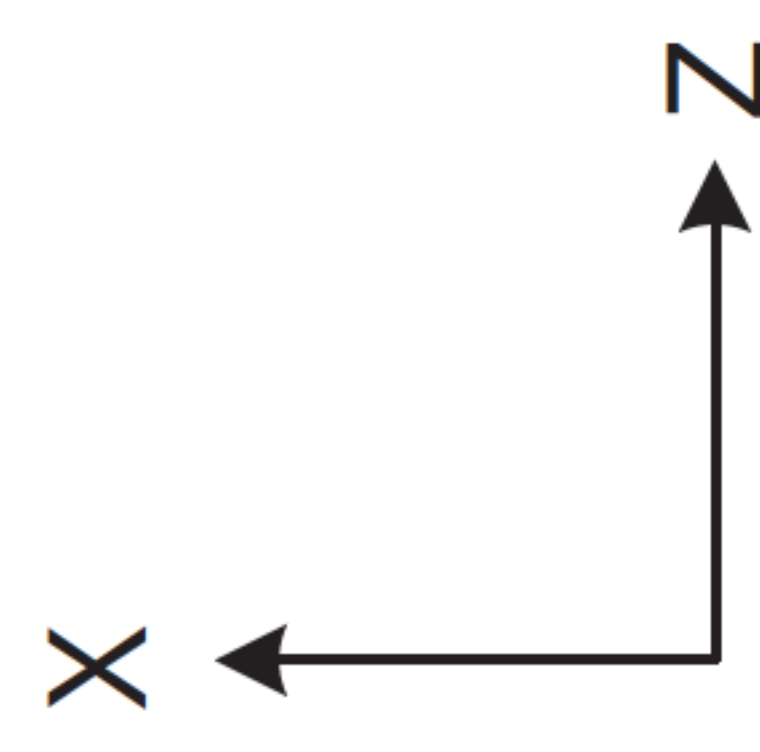
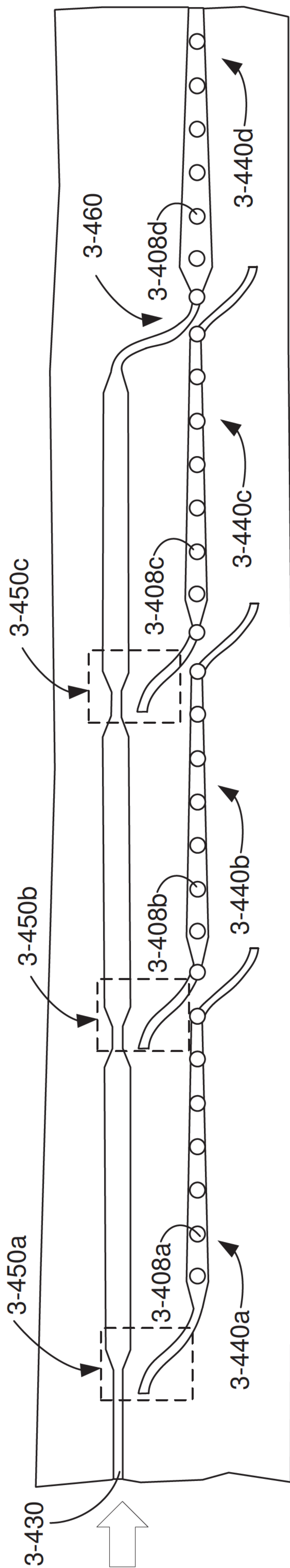
【圖3-1】



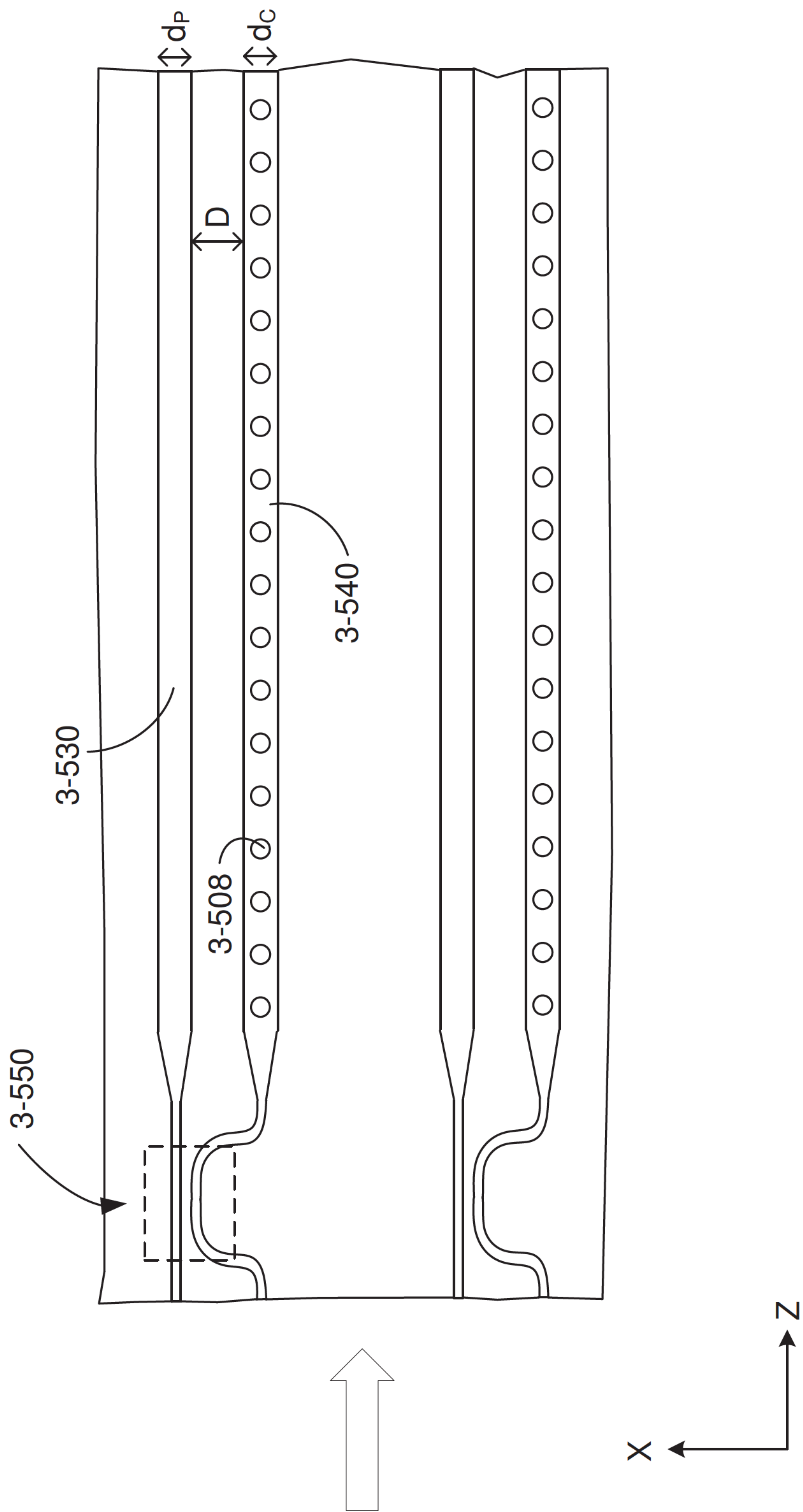
【圖3-2】



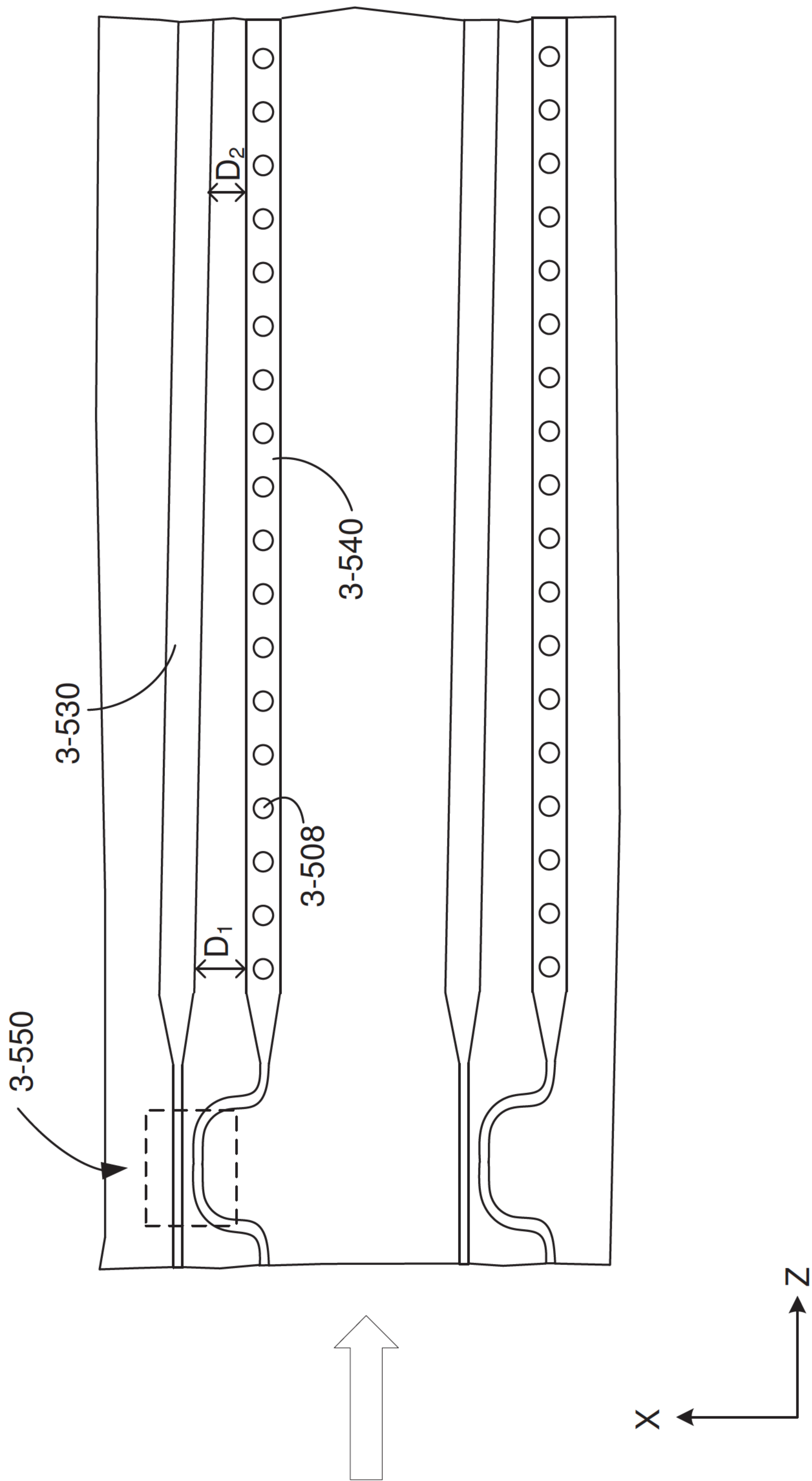
【圖3-3】



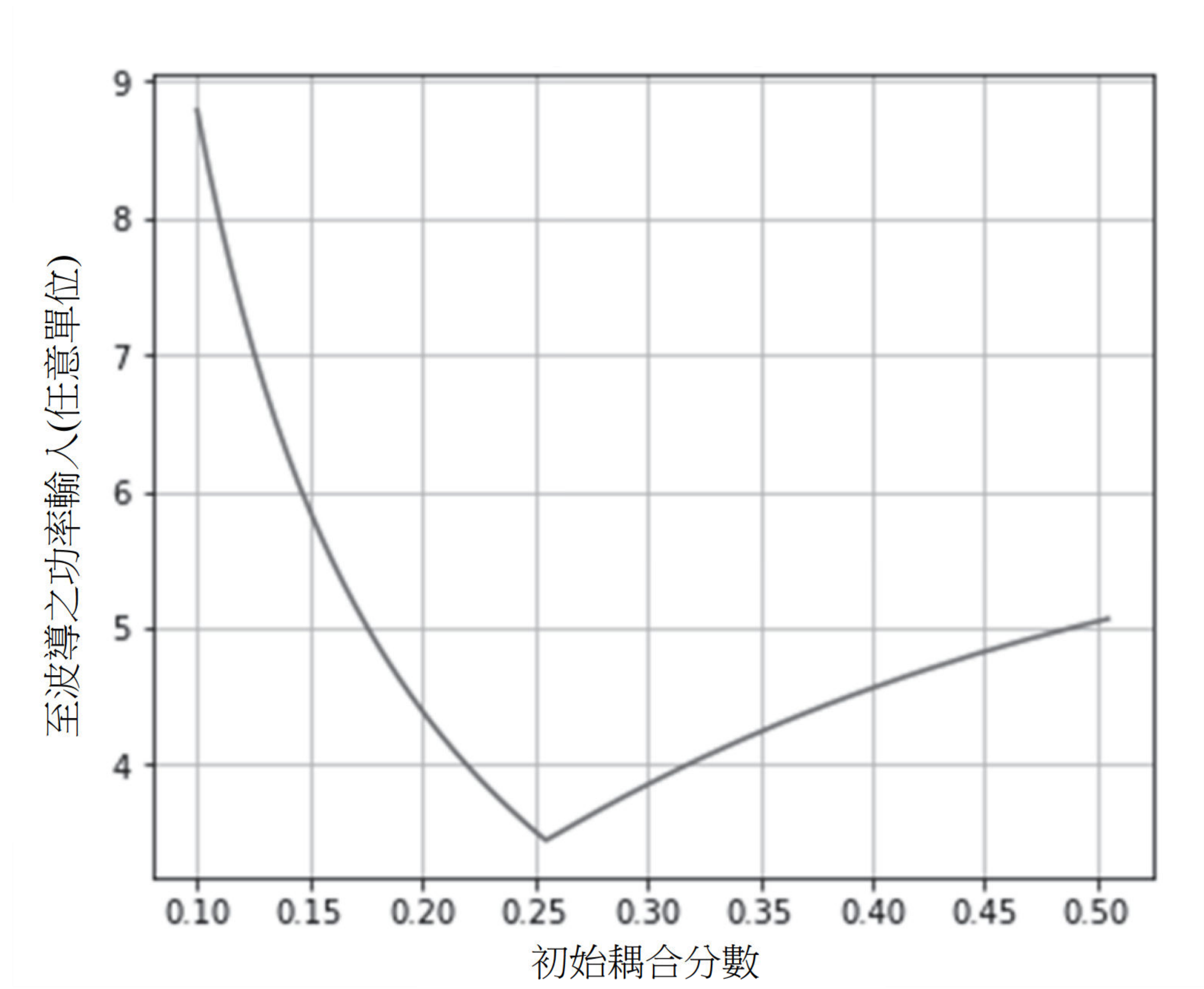
【圖3-4】



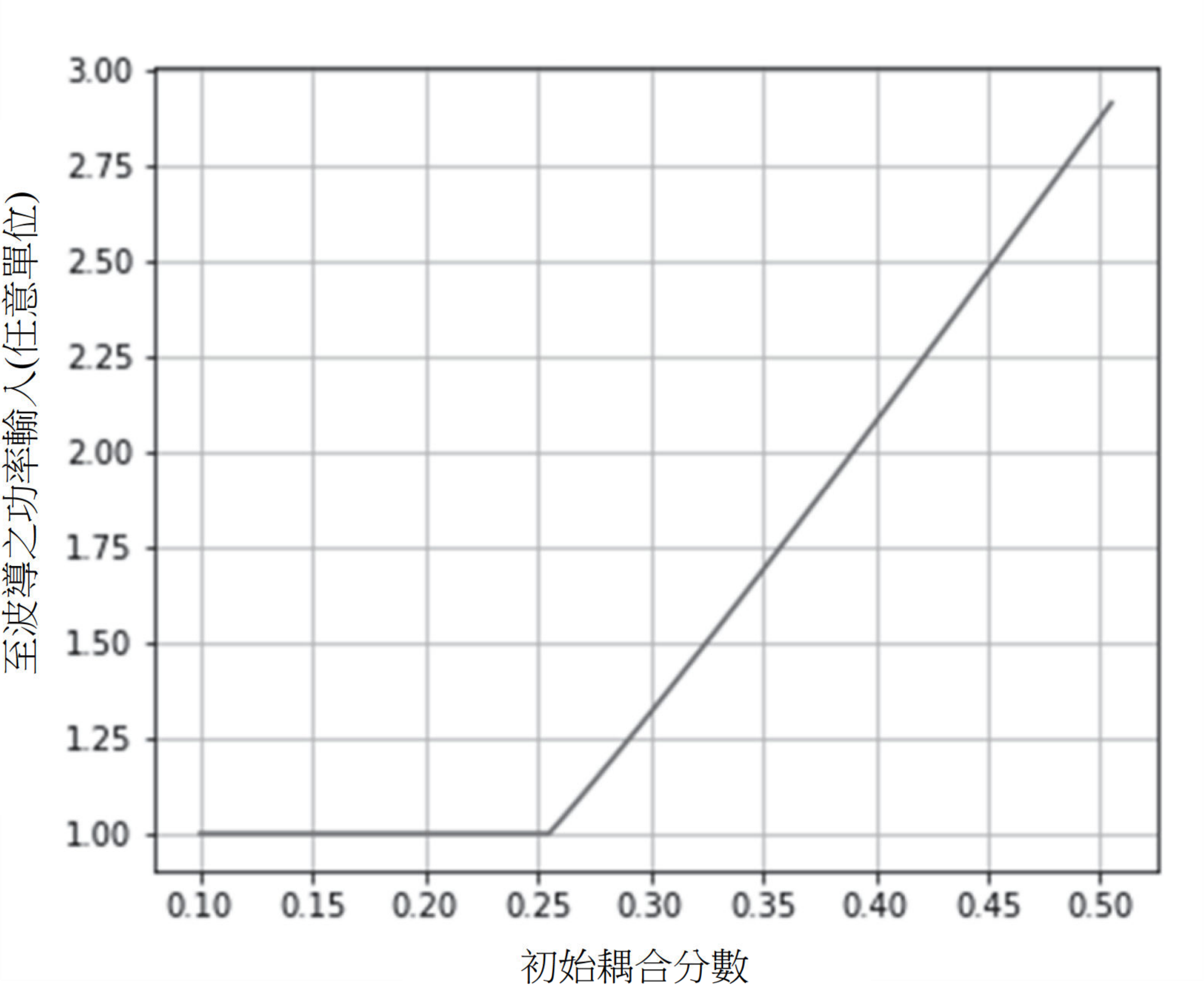
【圖3-5】



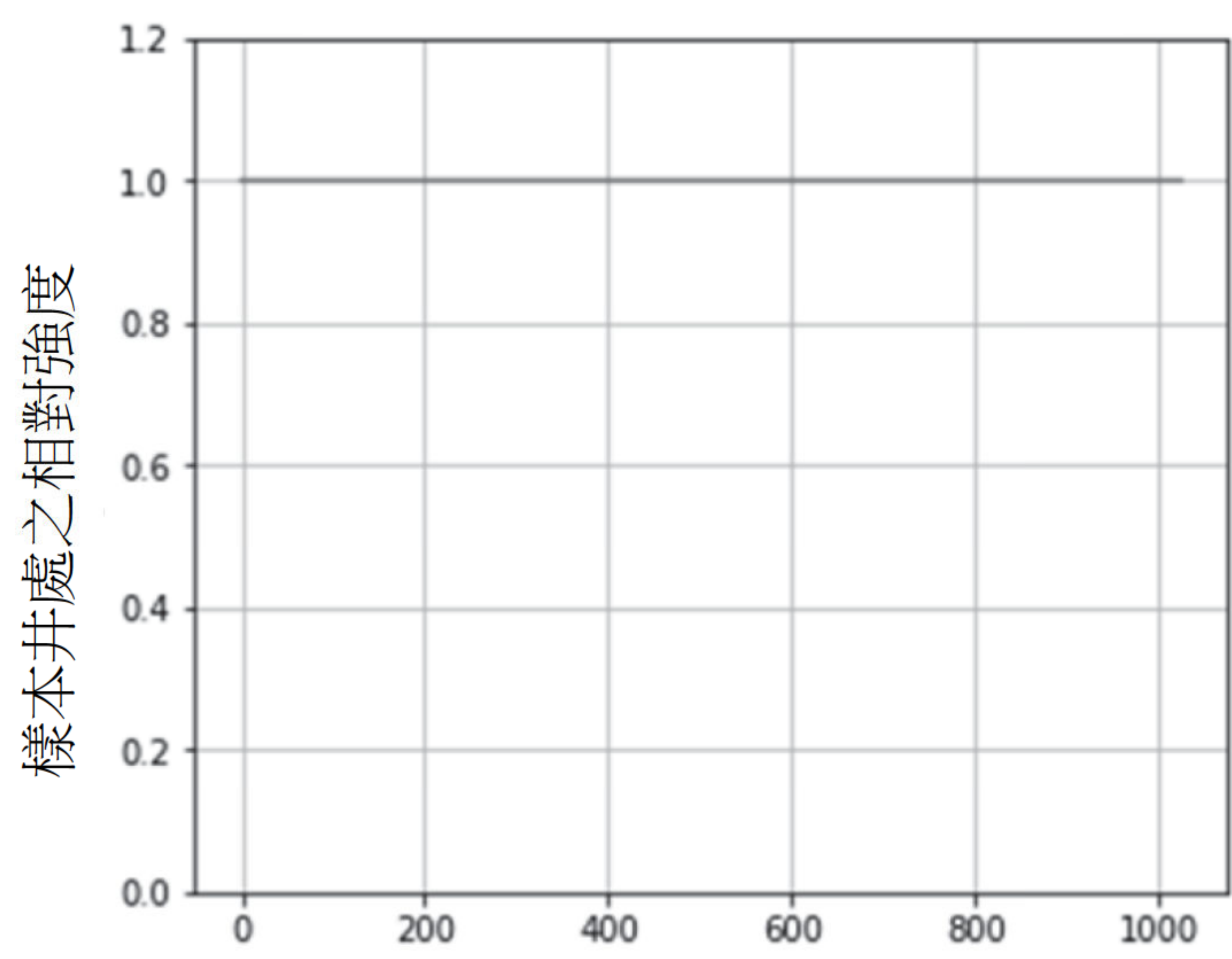
【圖3-6】



【圖3-7】

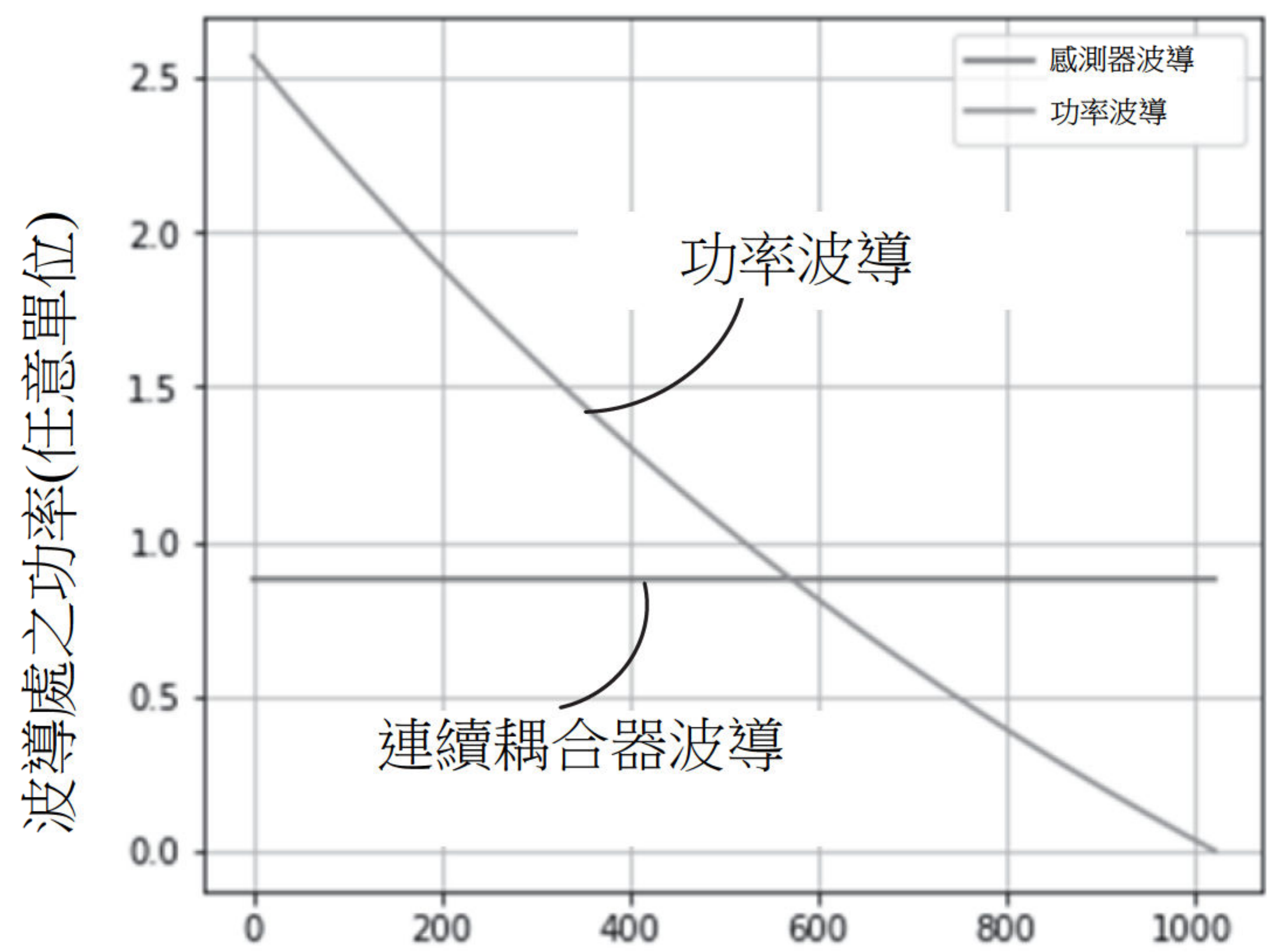


【圖3-8】



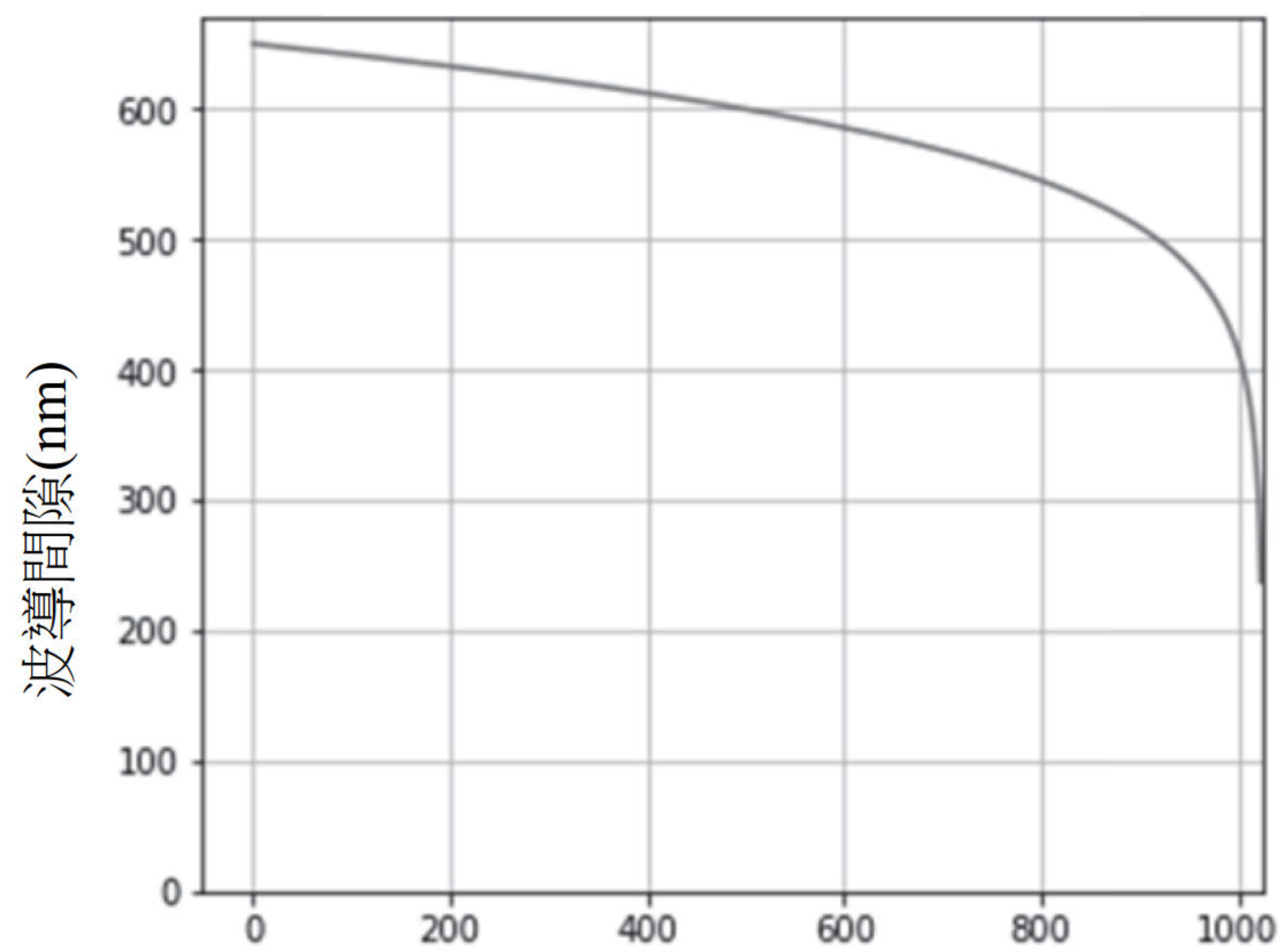
樣本井數目

【圖3-9】



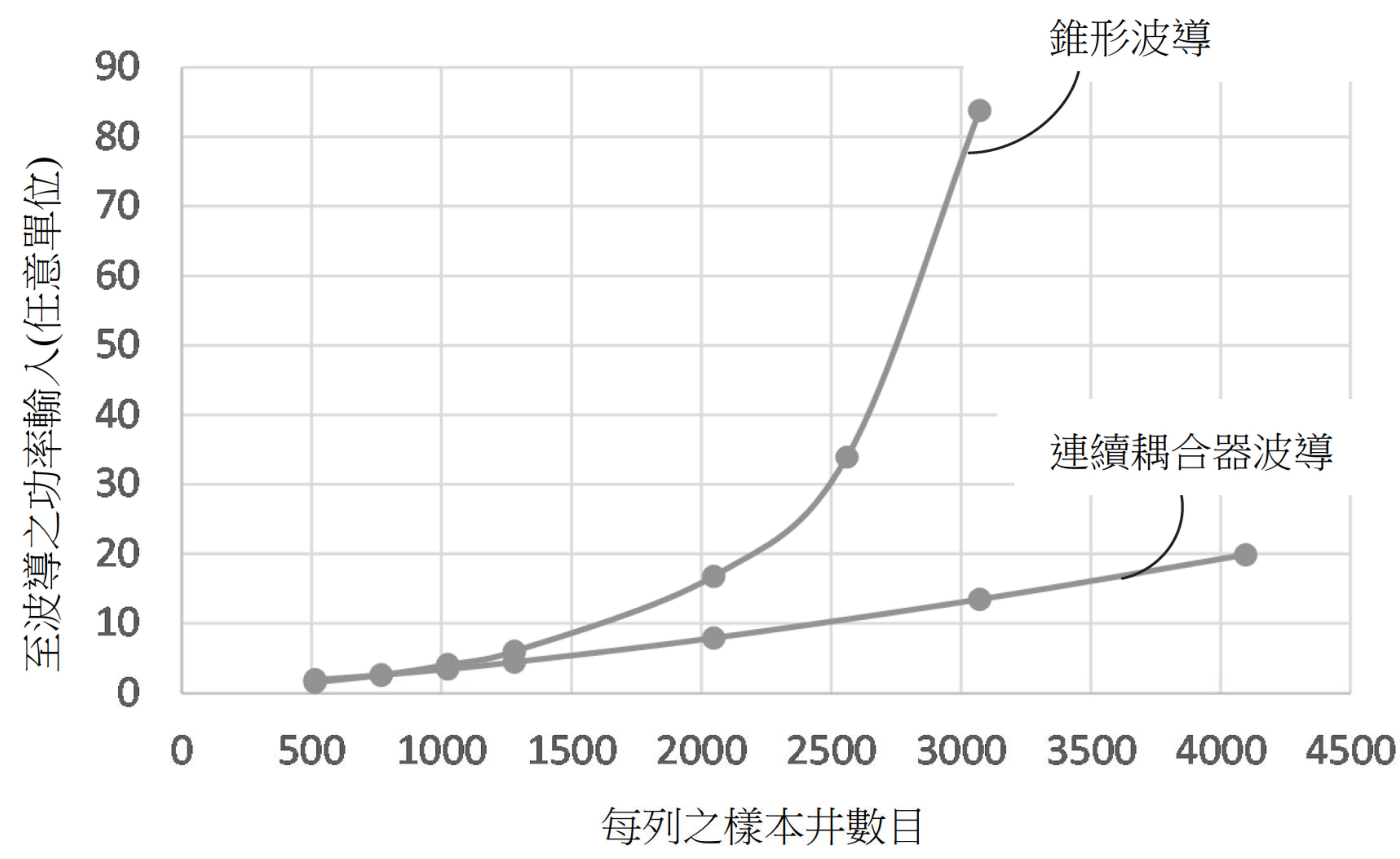
樣本井數目

【圖3-10】

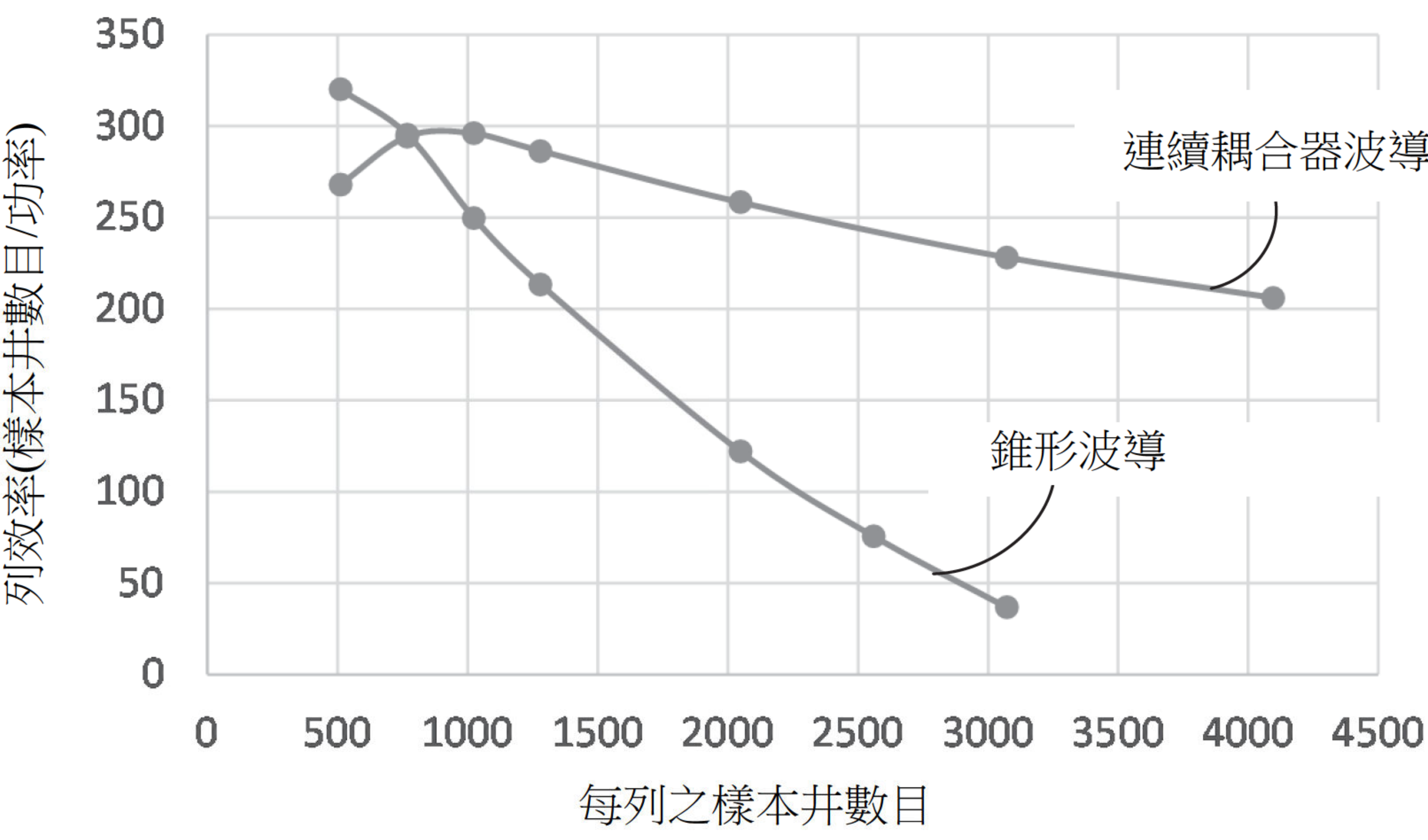


樣本井數目

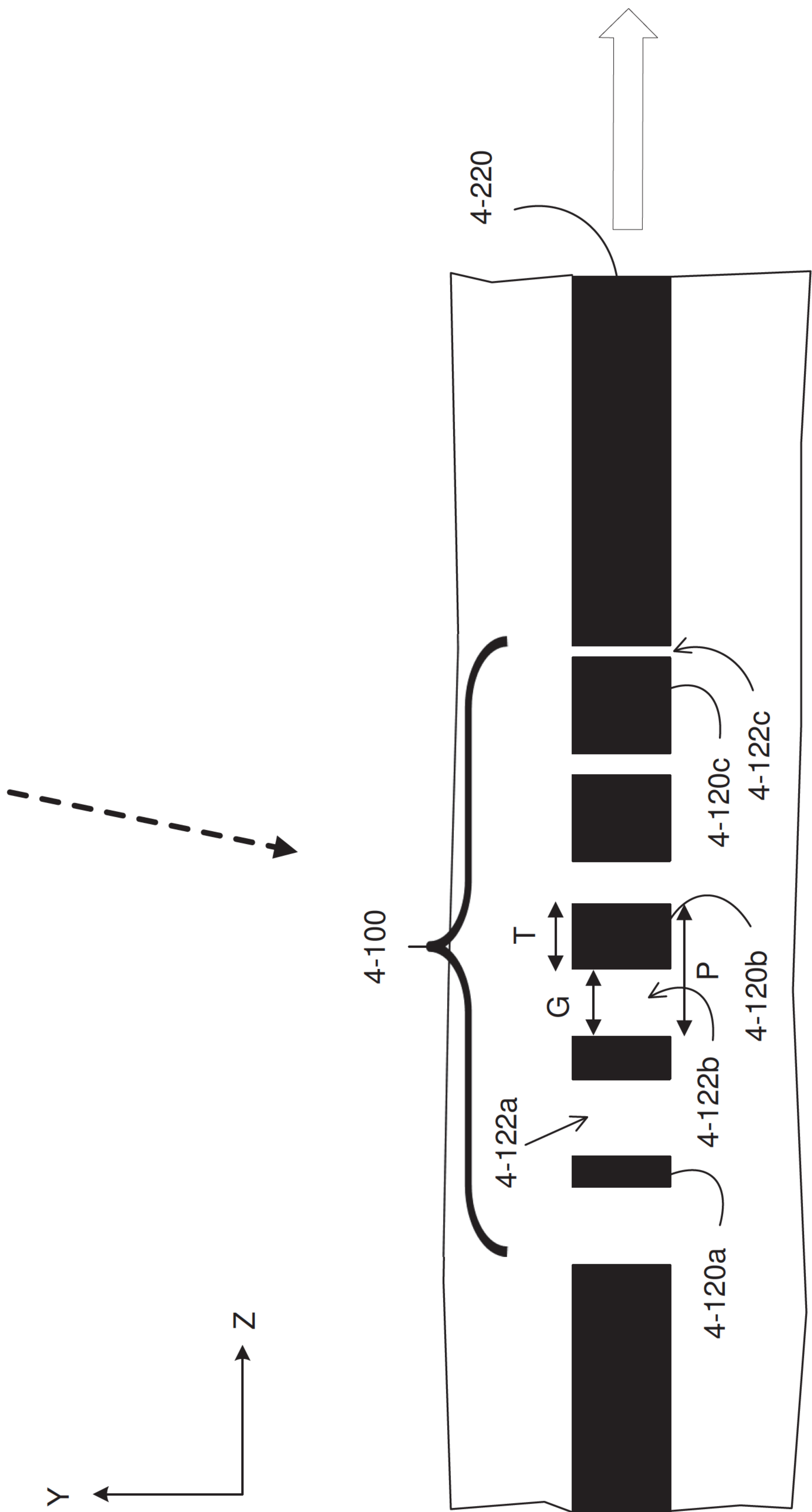
【圖3-11】



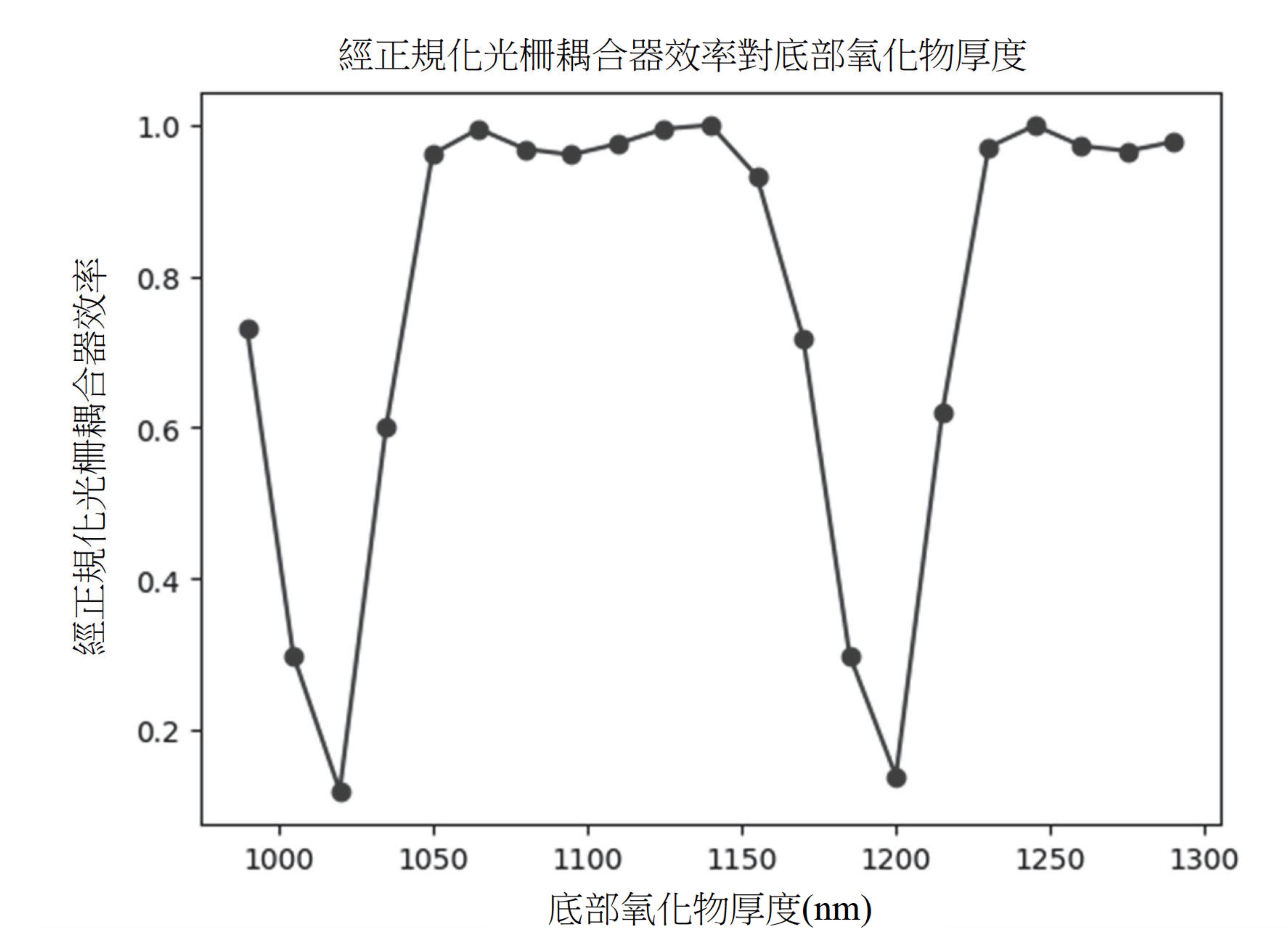
【圖3-12】



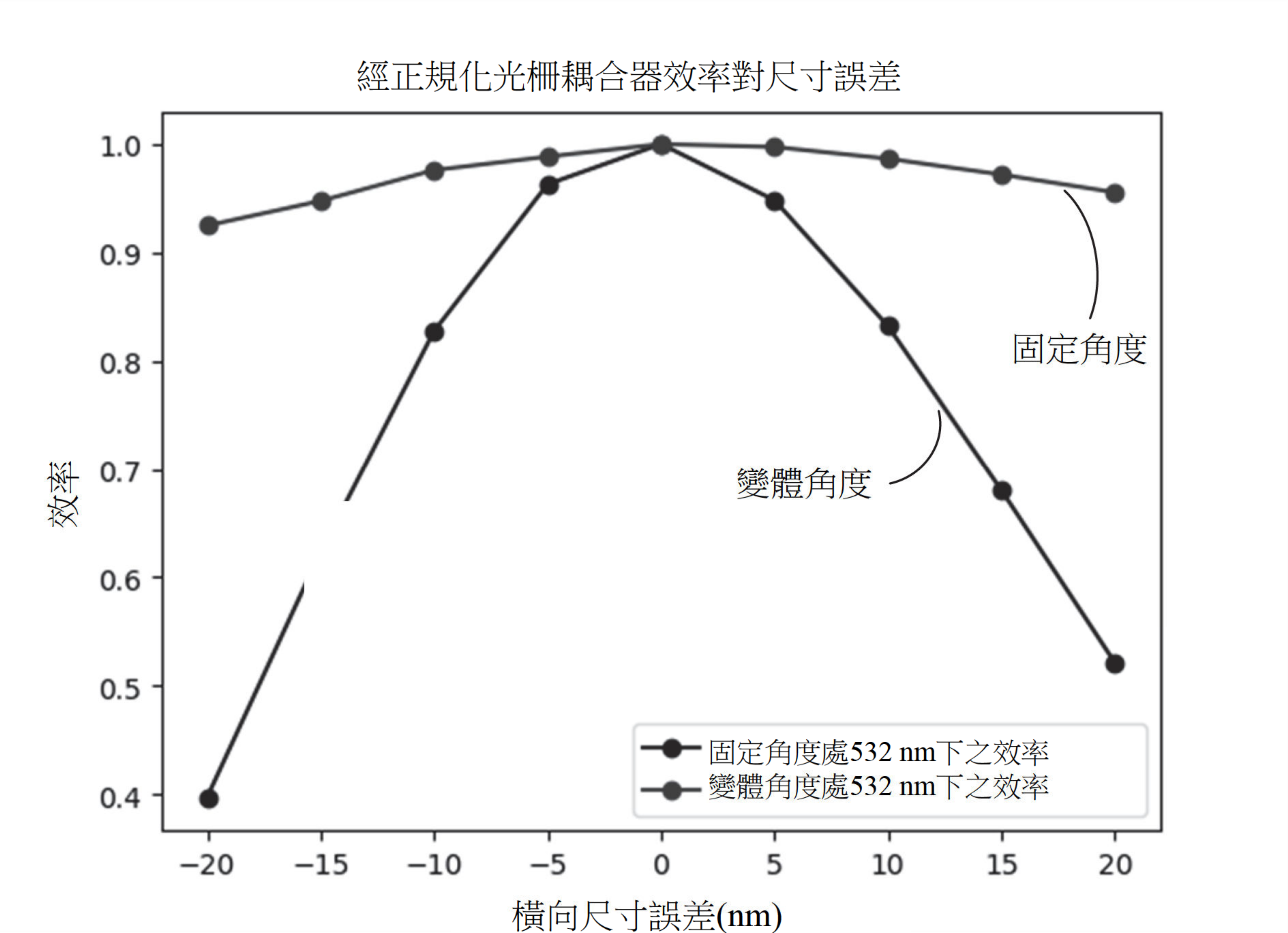
【圖3-13】



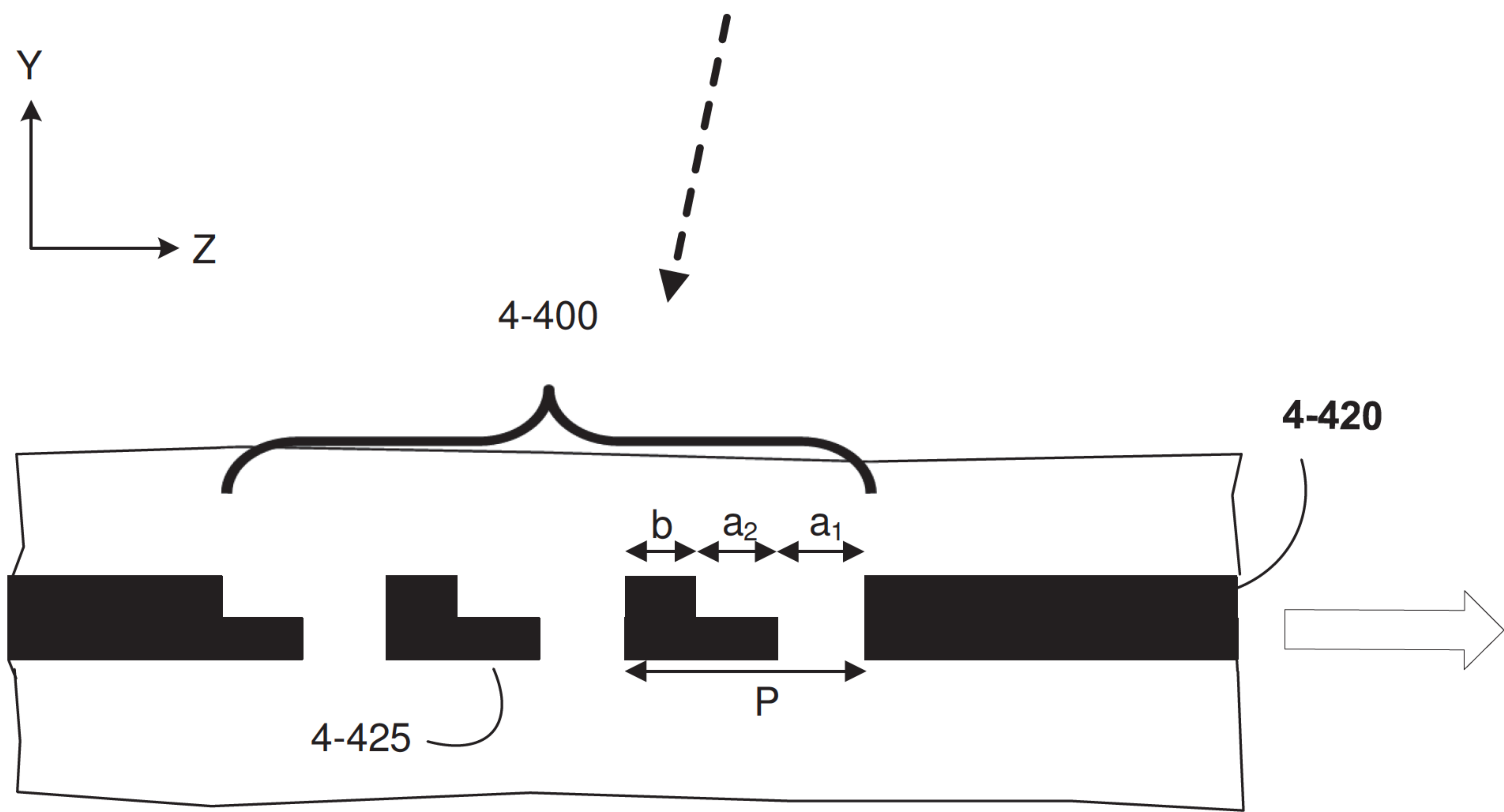
【圖4-1】



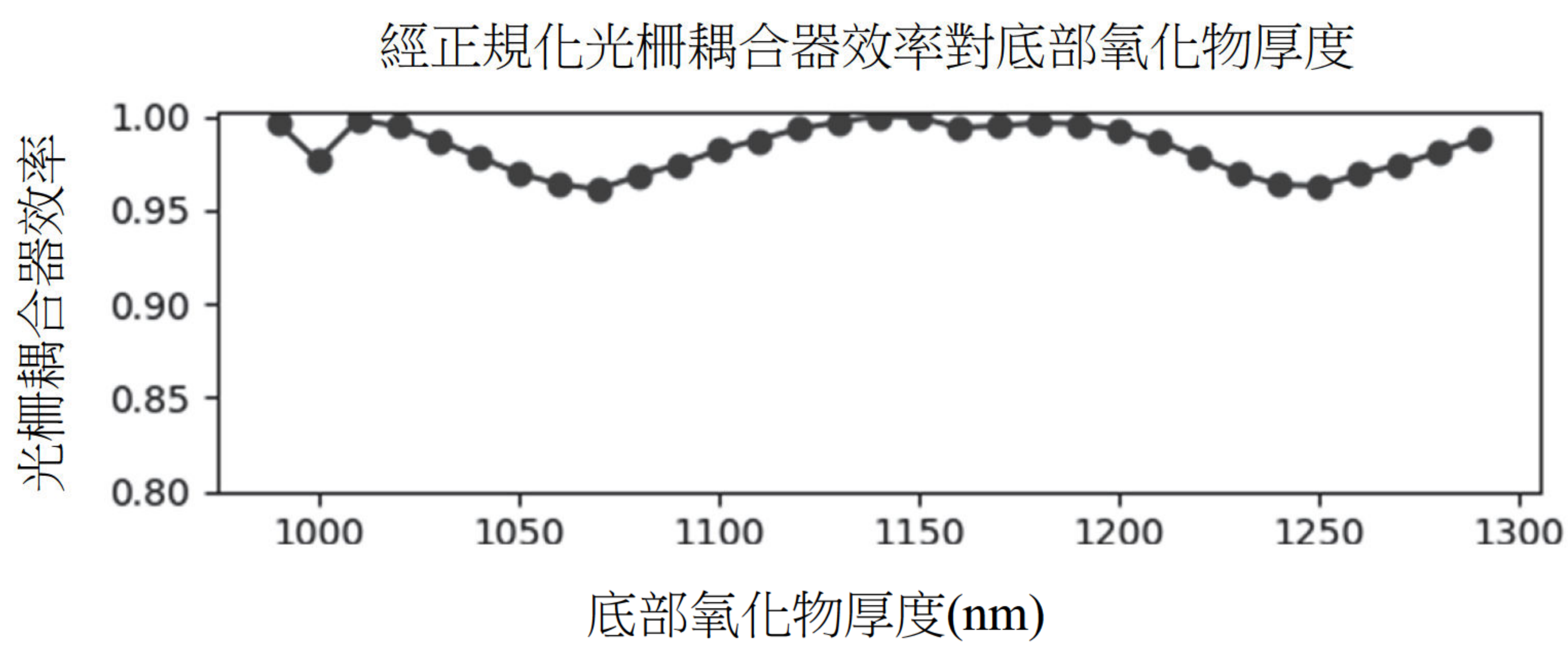
【圖4-2】



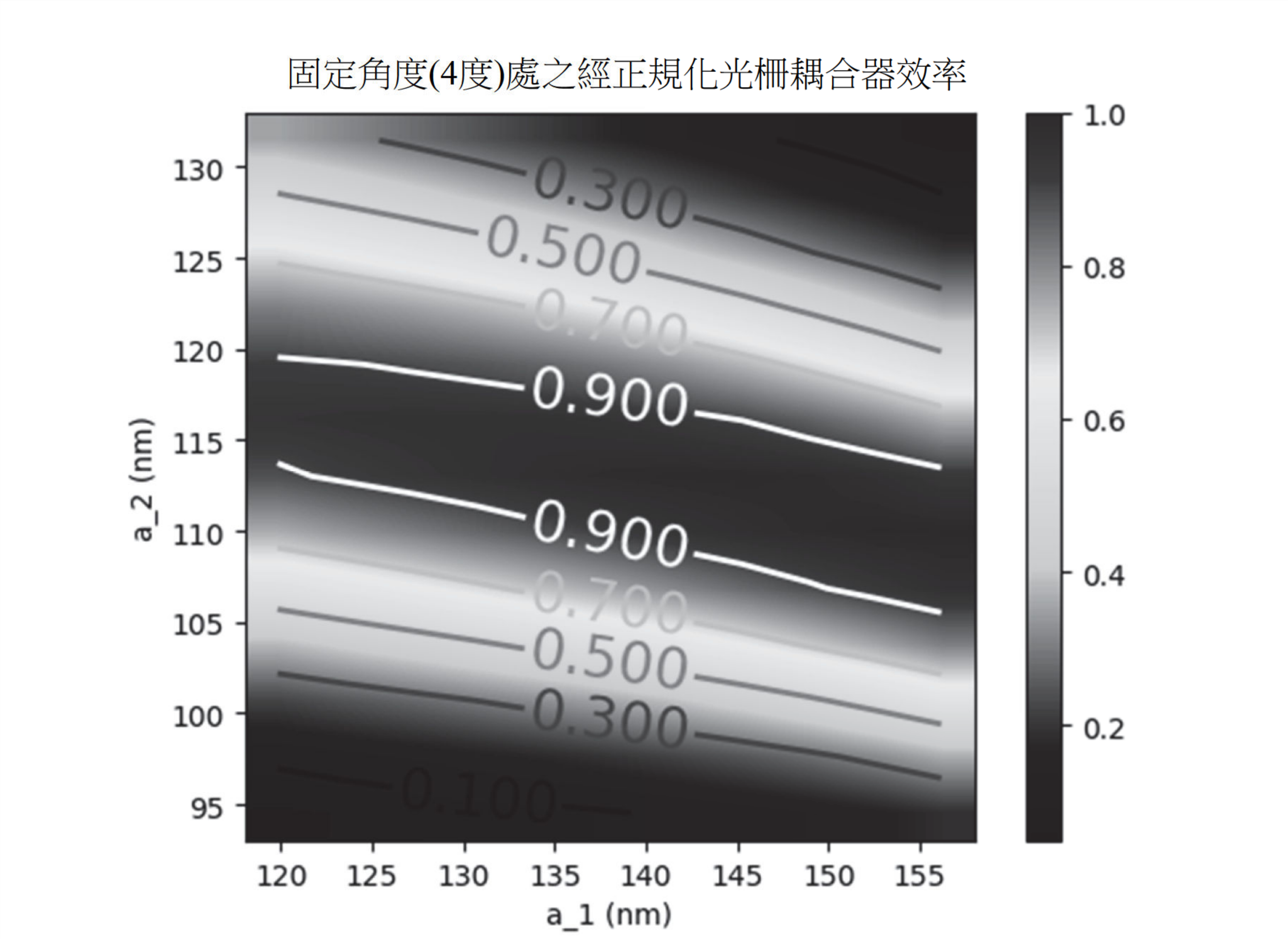
【圖4-3】



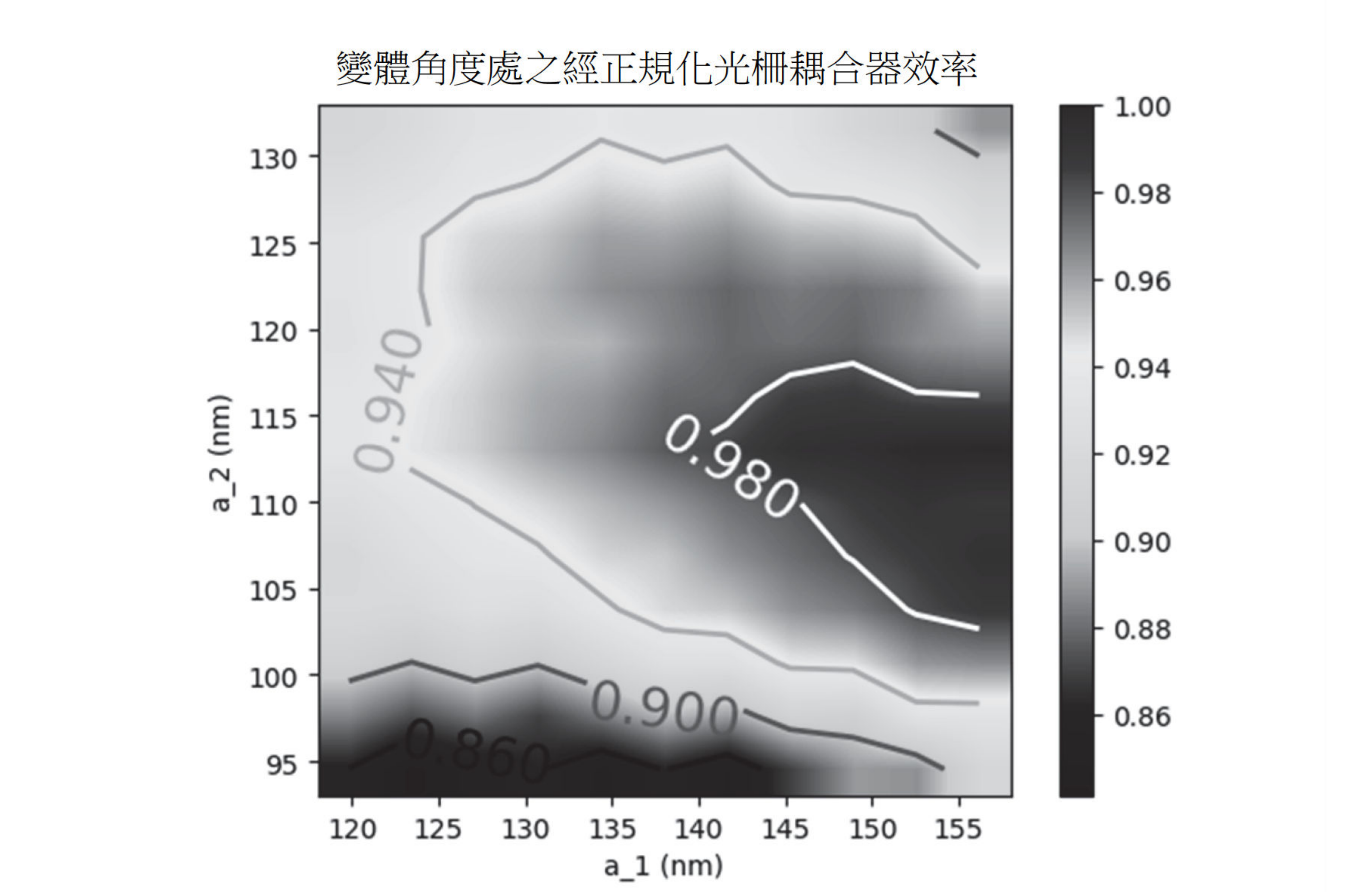
【圖4-4】



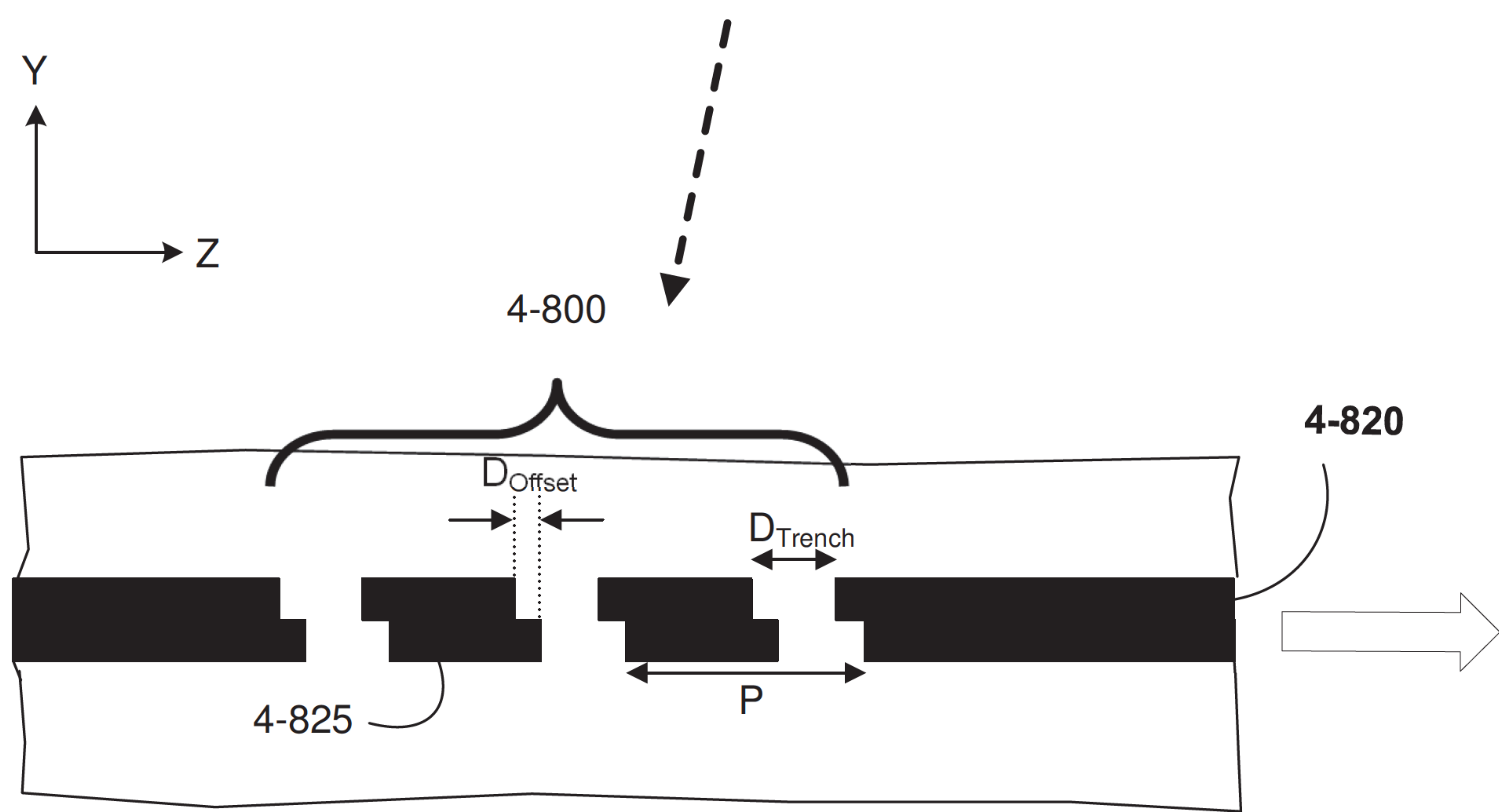
【圖4-5】



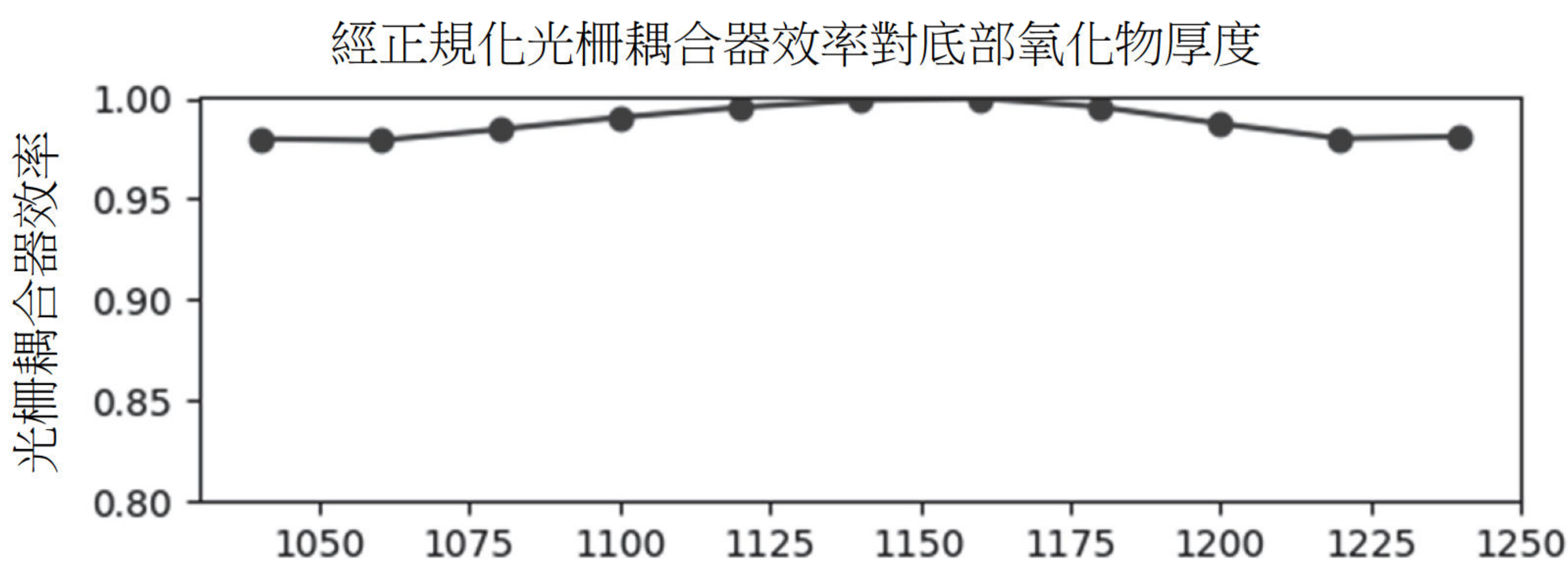
【圖4-6】



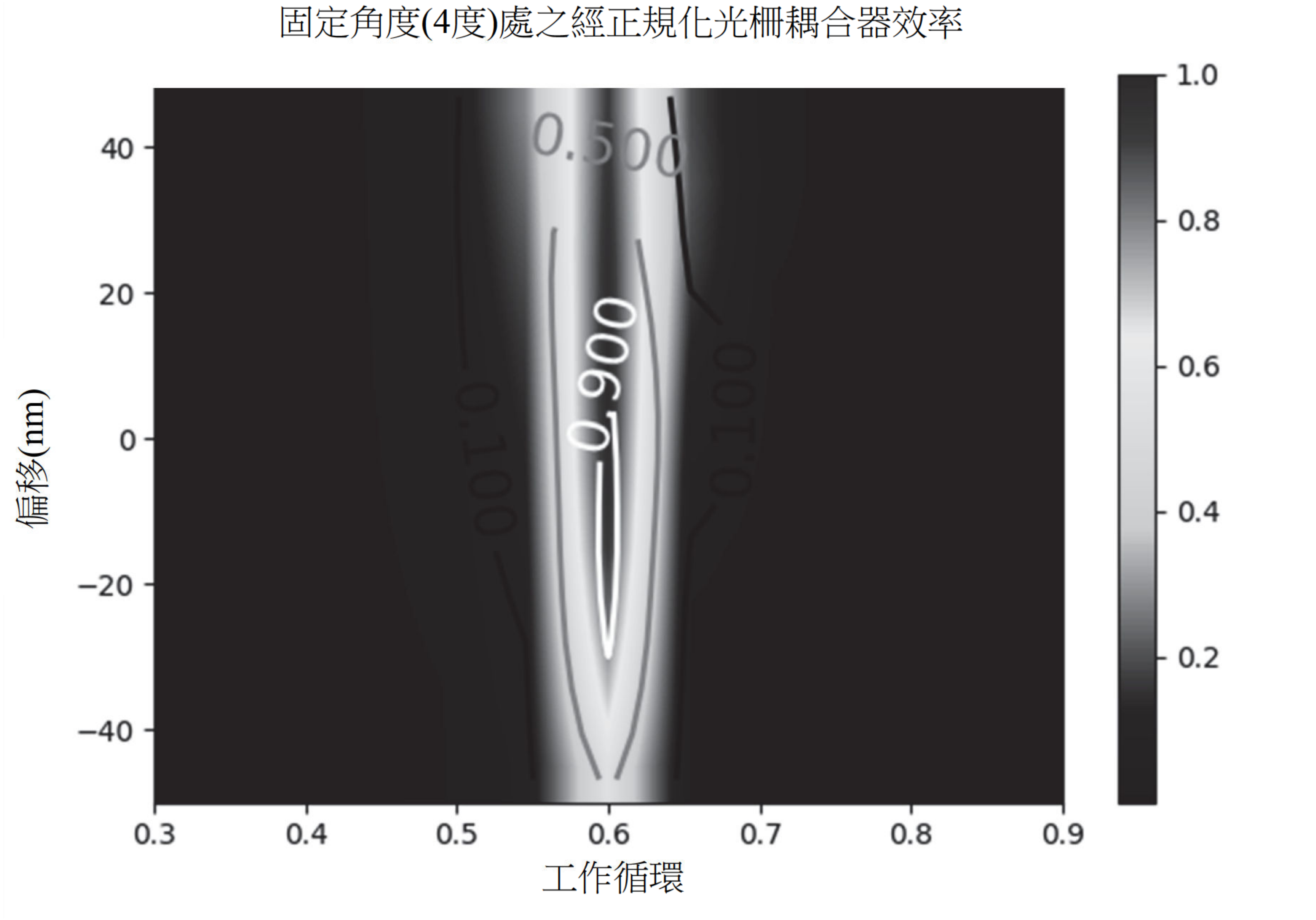
【圖4-7】



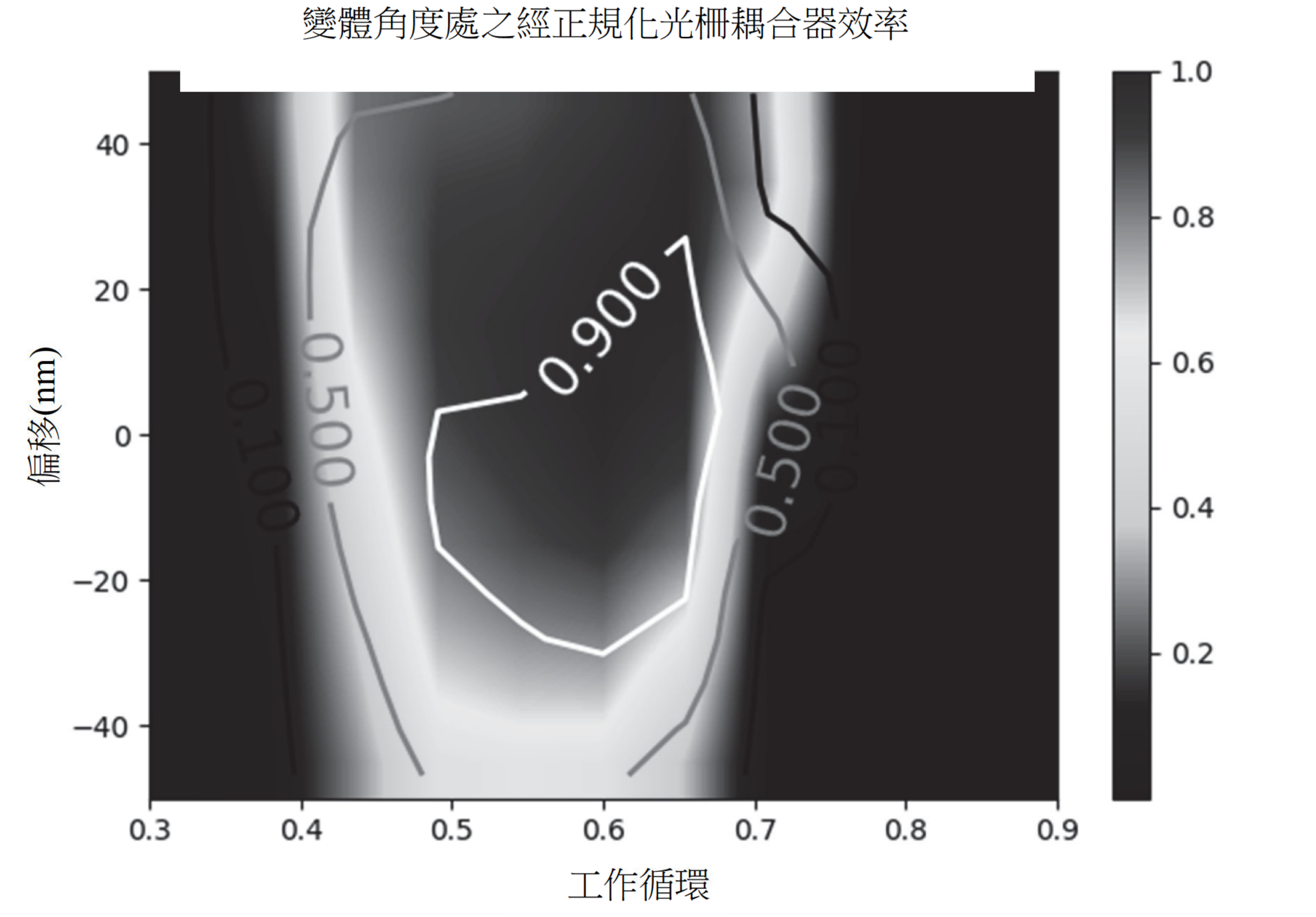
【圖4-8】



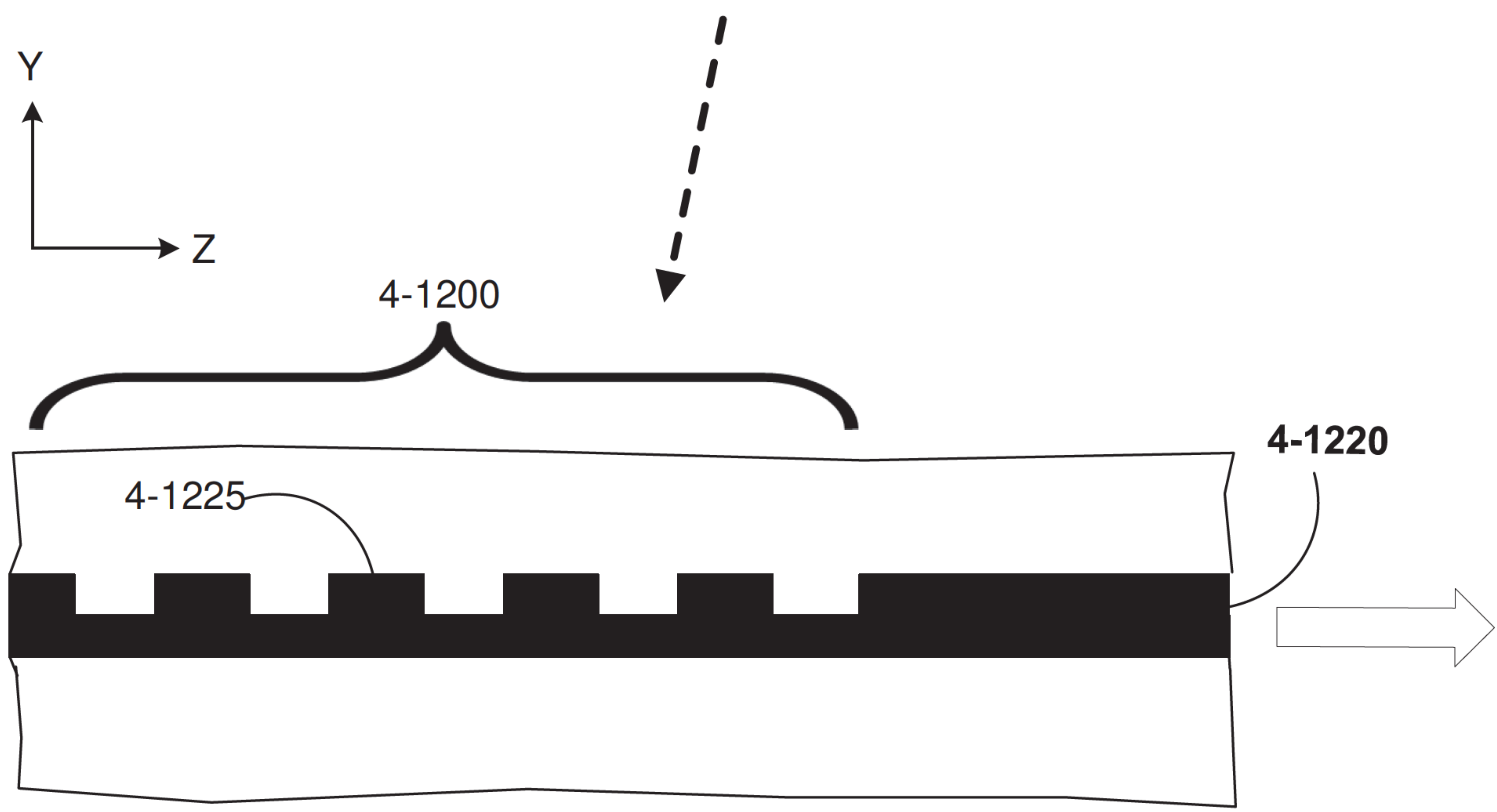
【圖4-9】



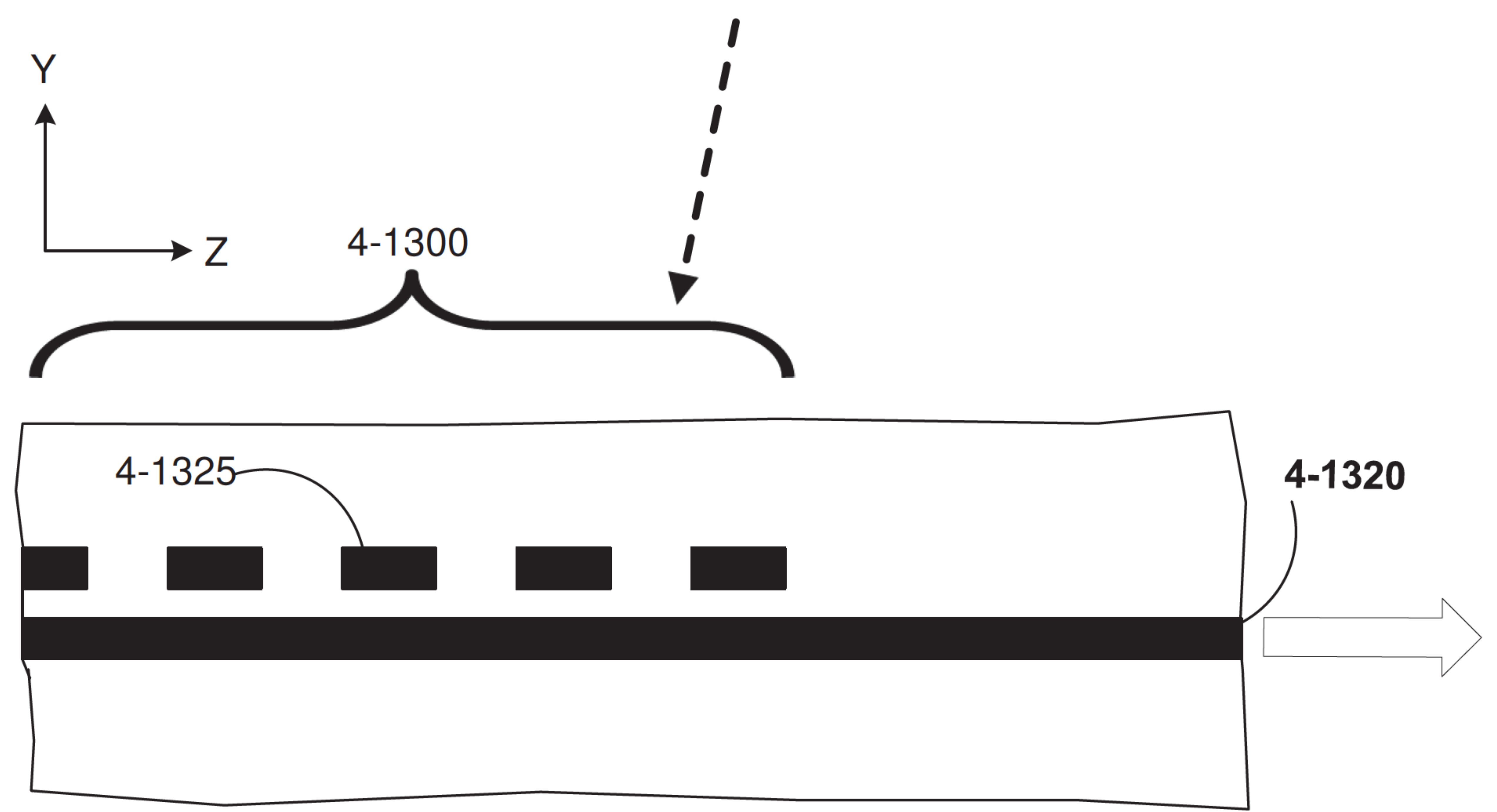
【圖4-10】



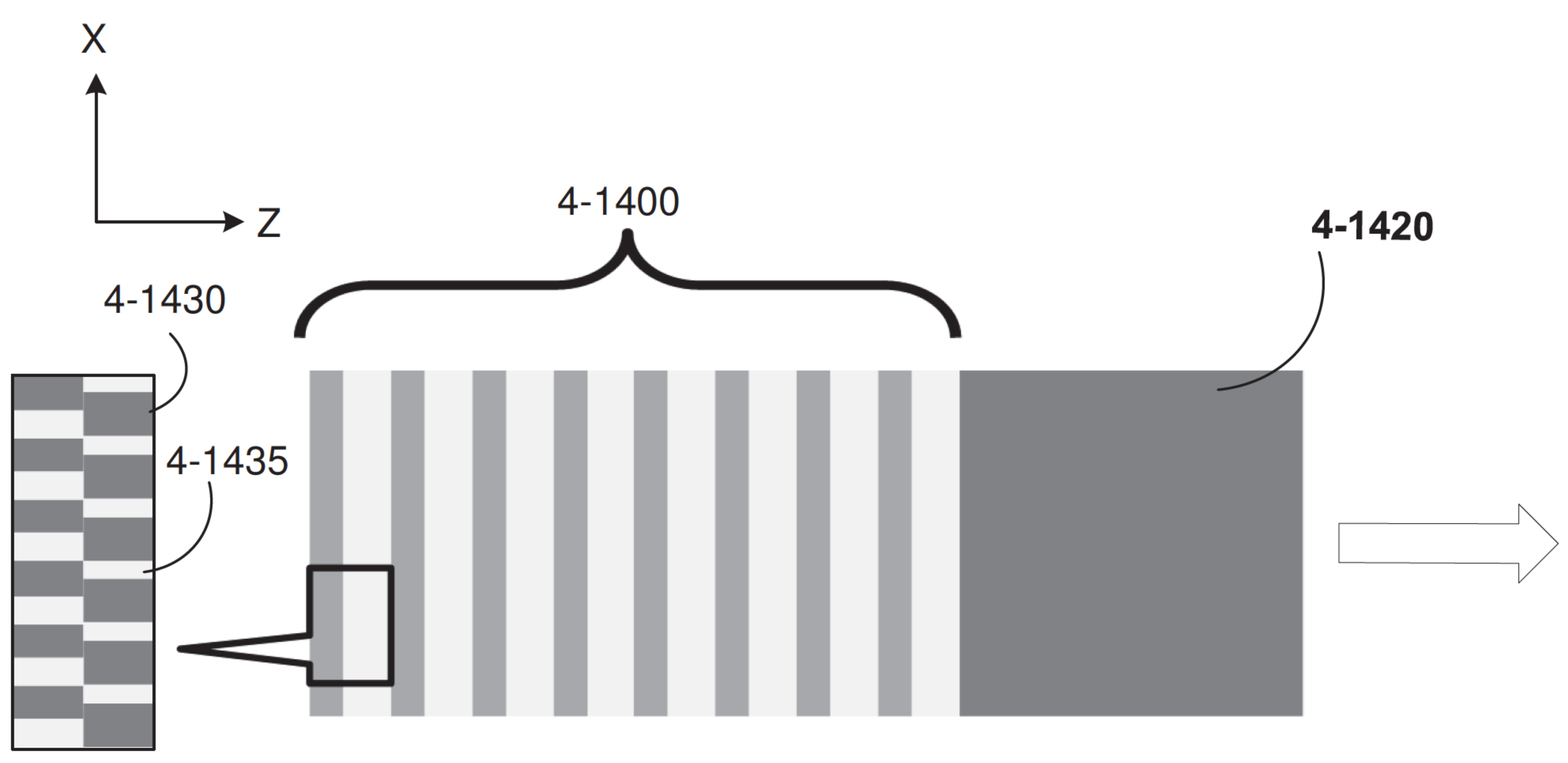
【圖4-11】



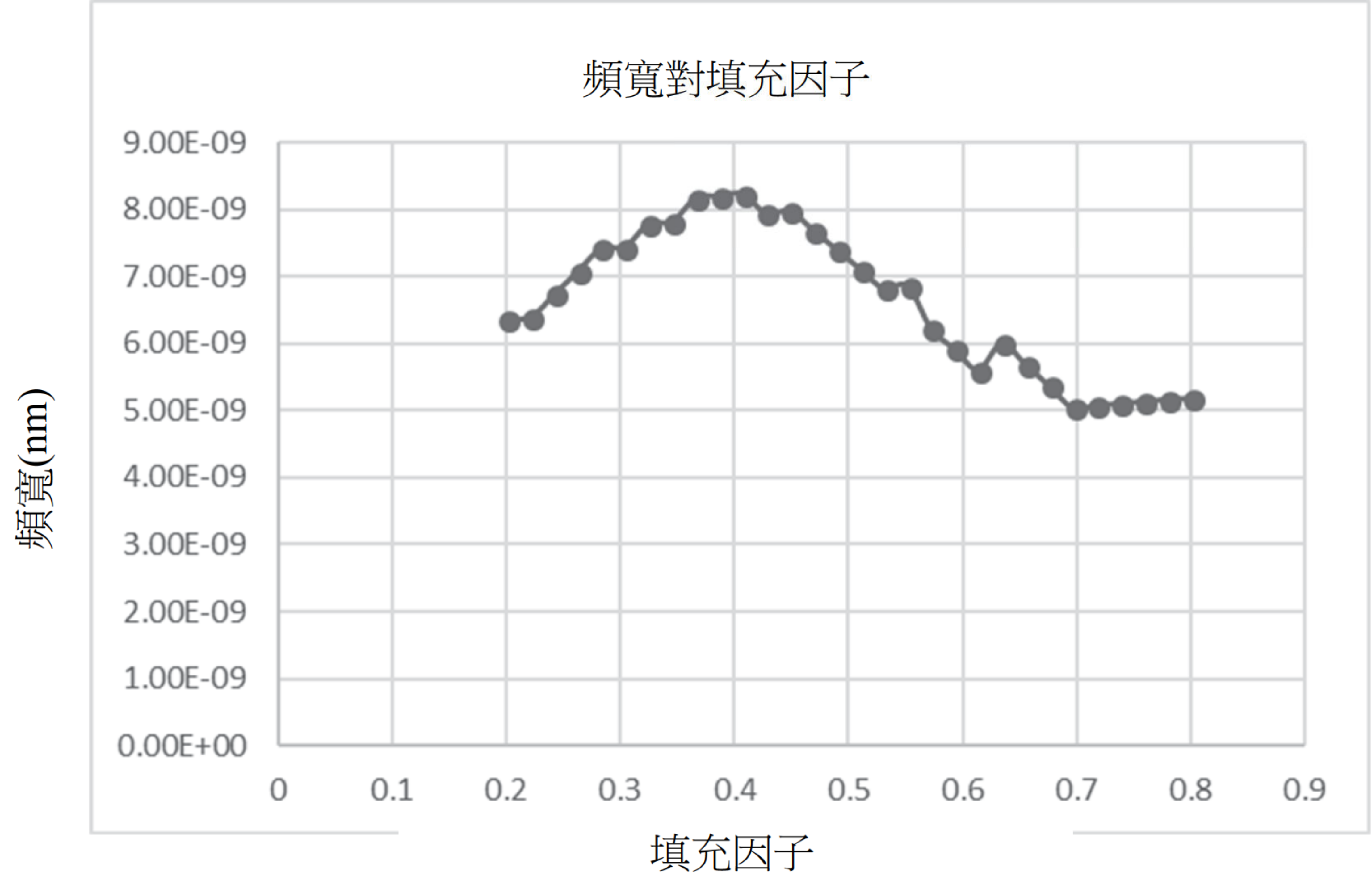
【圖4-12】



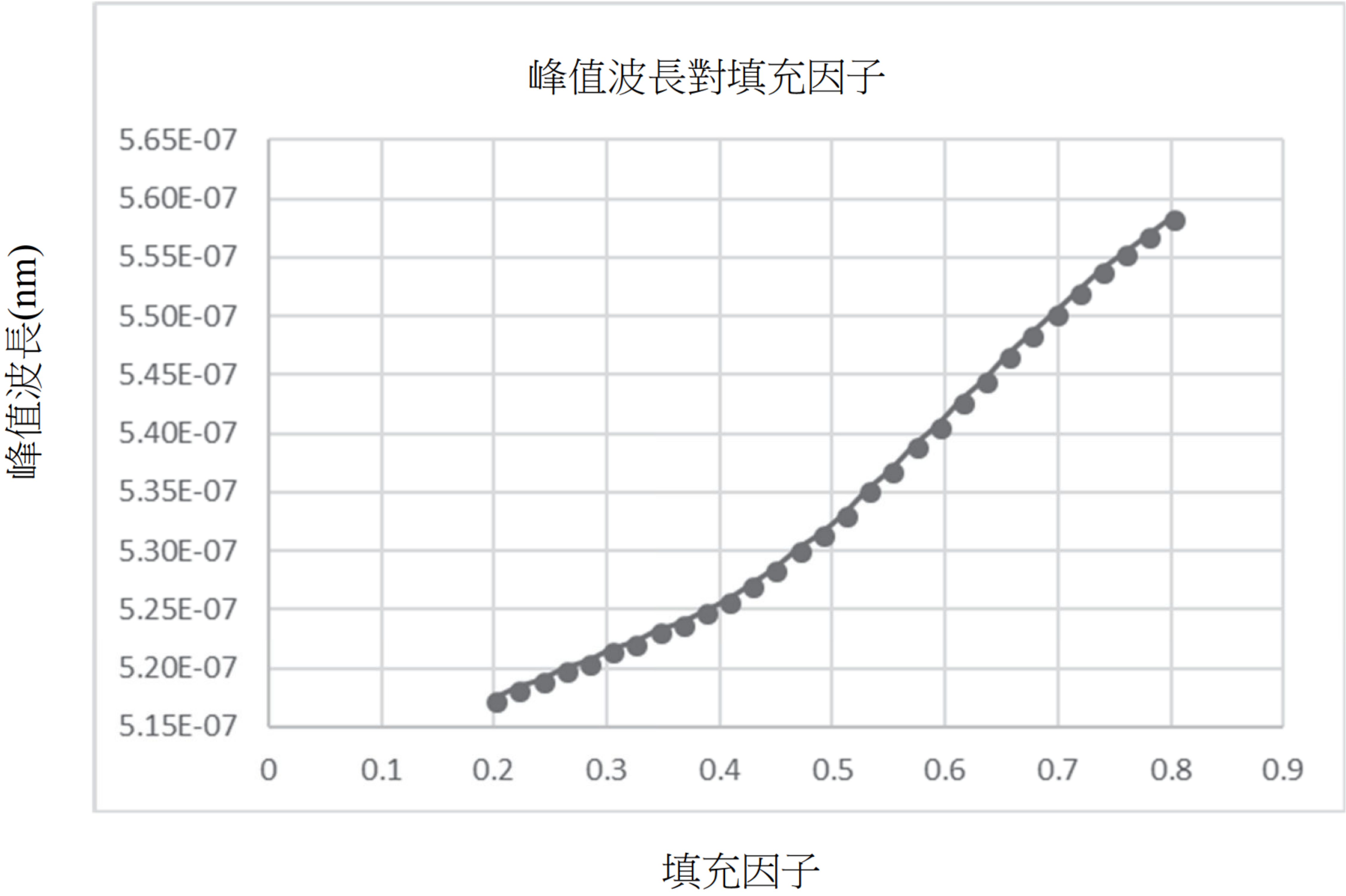
【圖4-13】



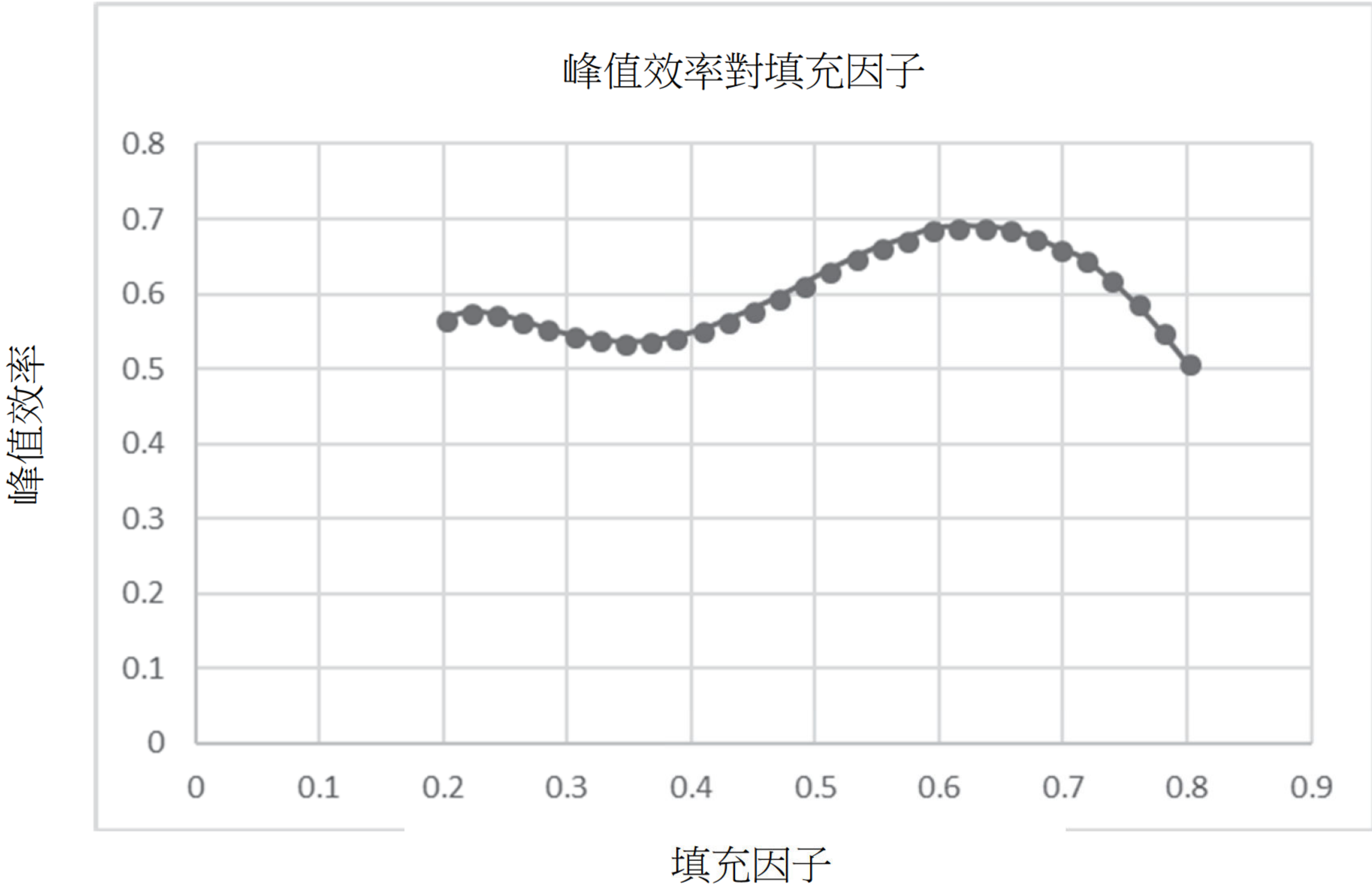
【圖4-14】



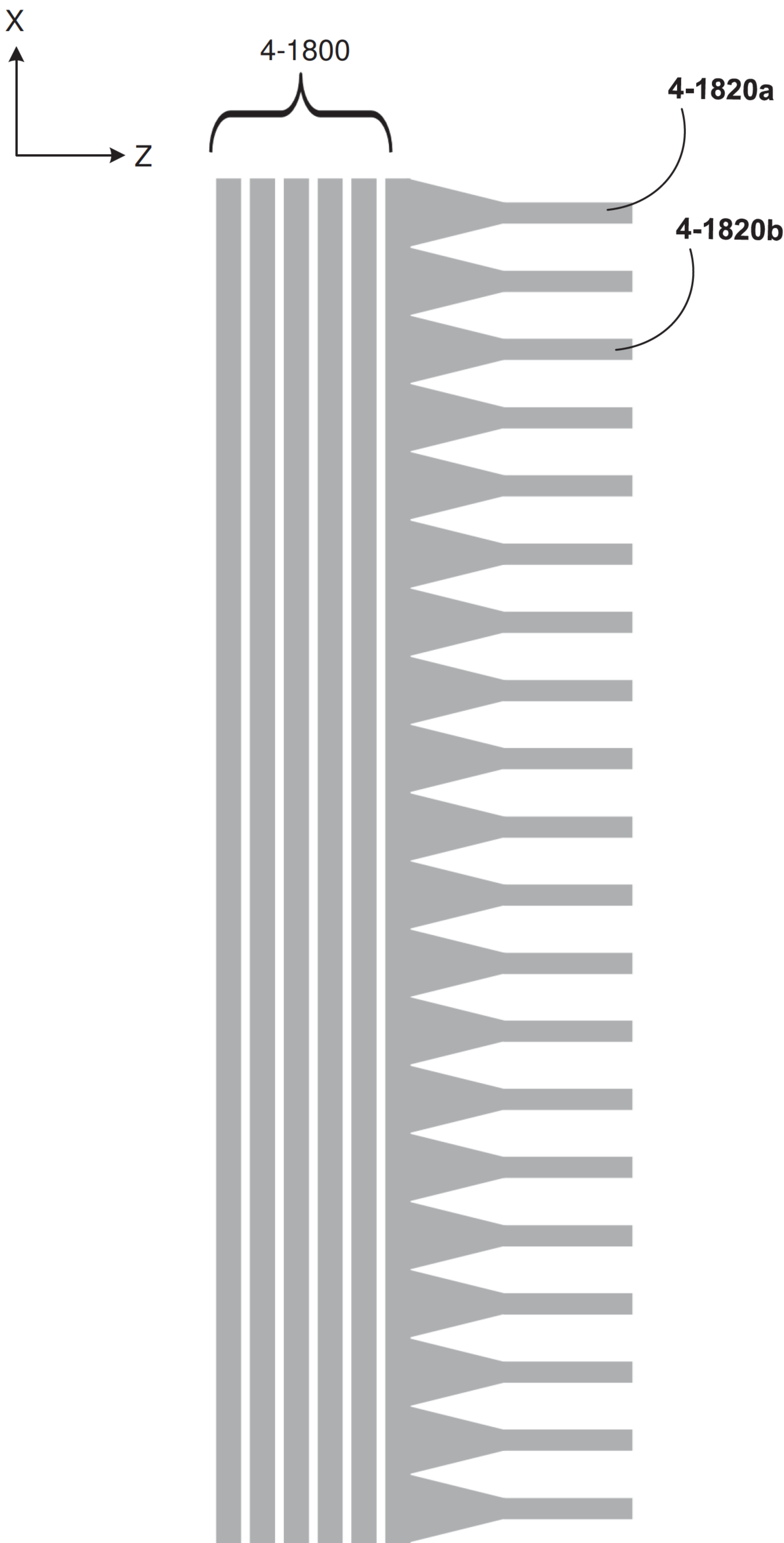
【圖4-15】



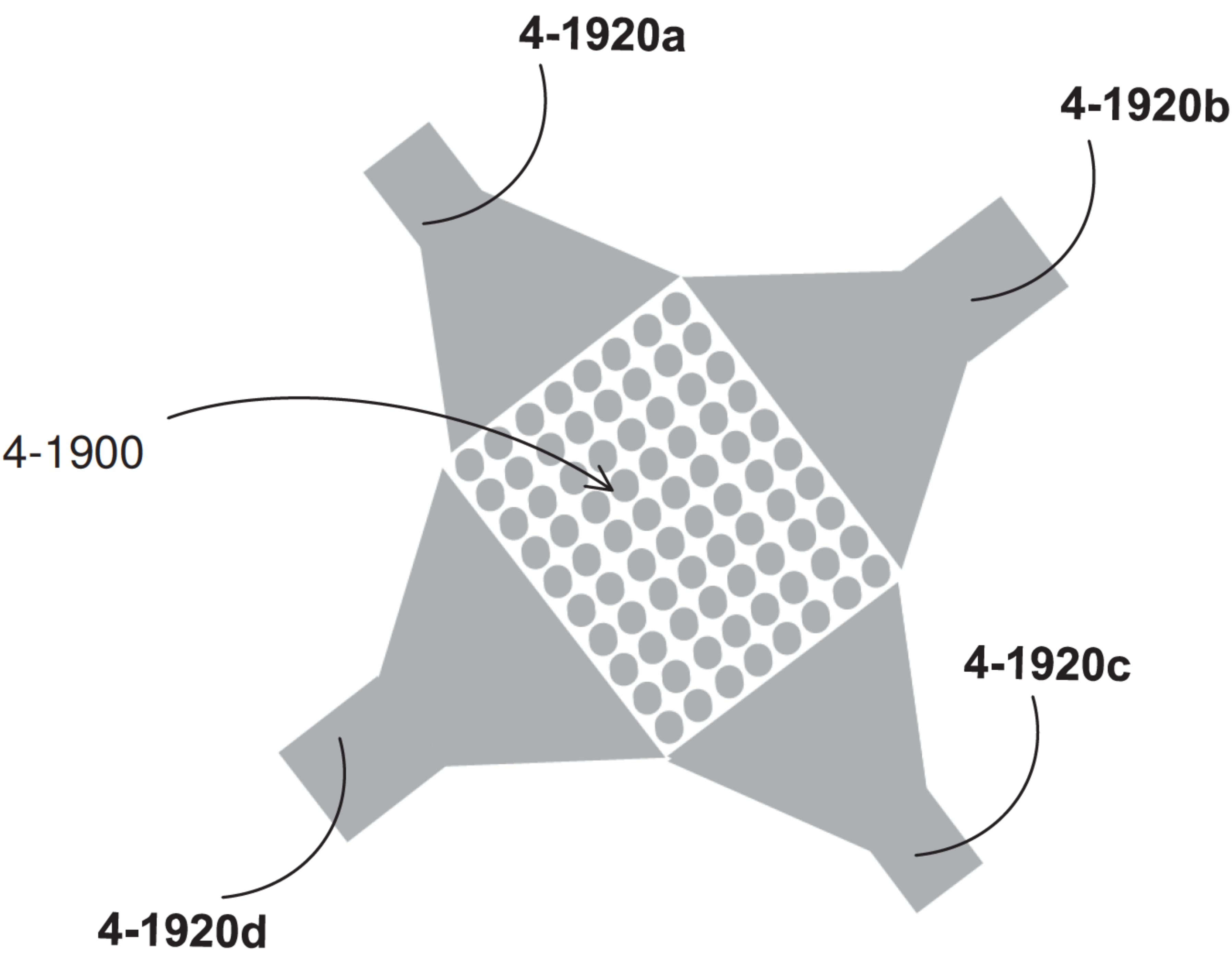
【圖4-16】



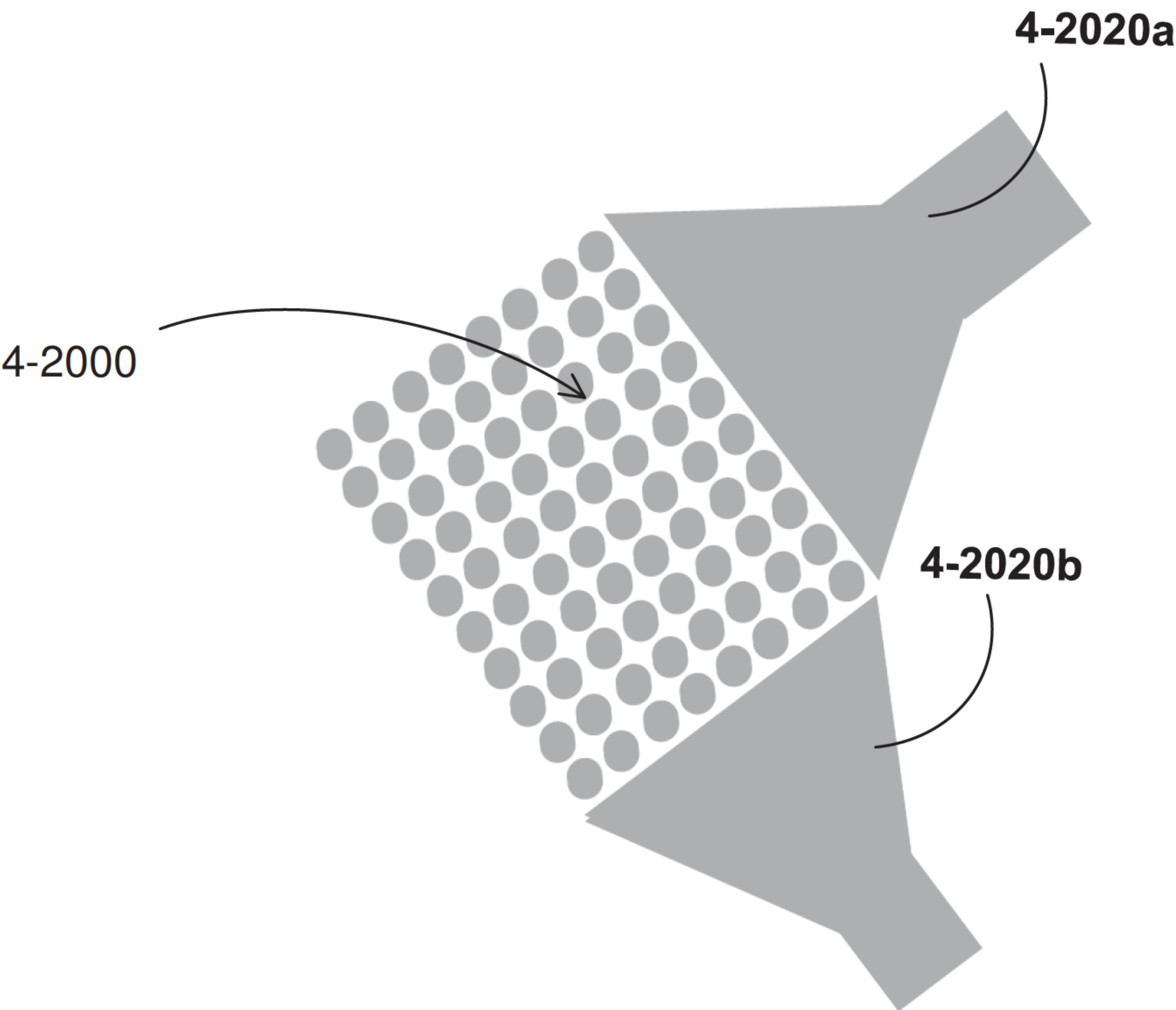
【圖4-17】



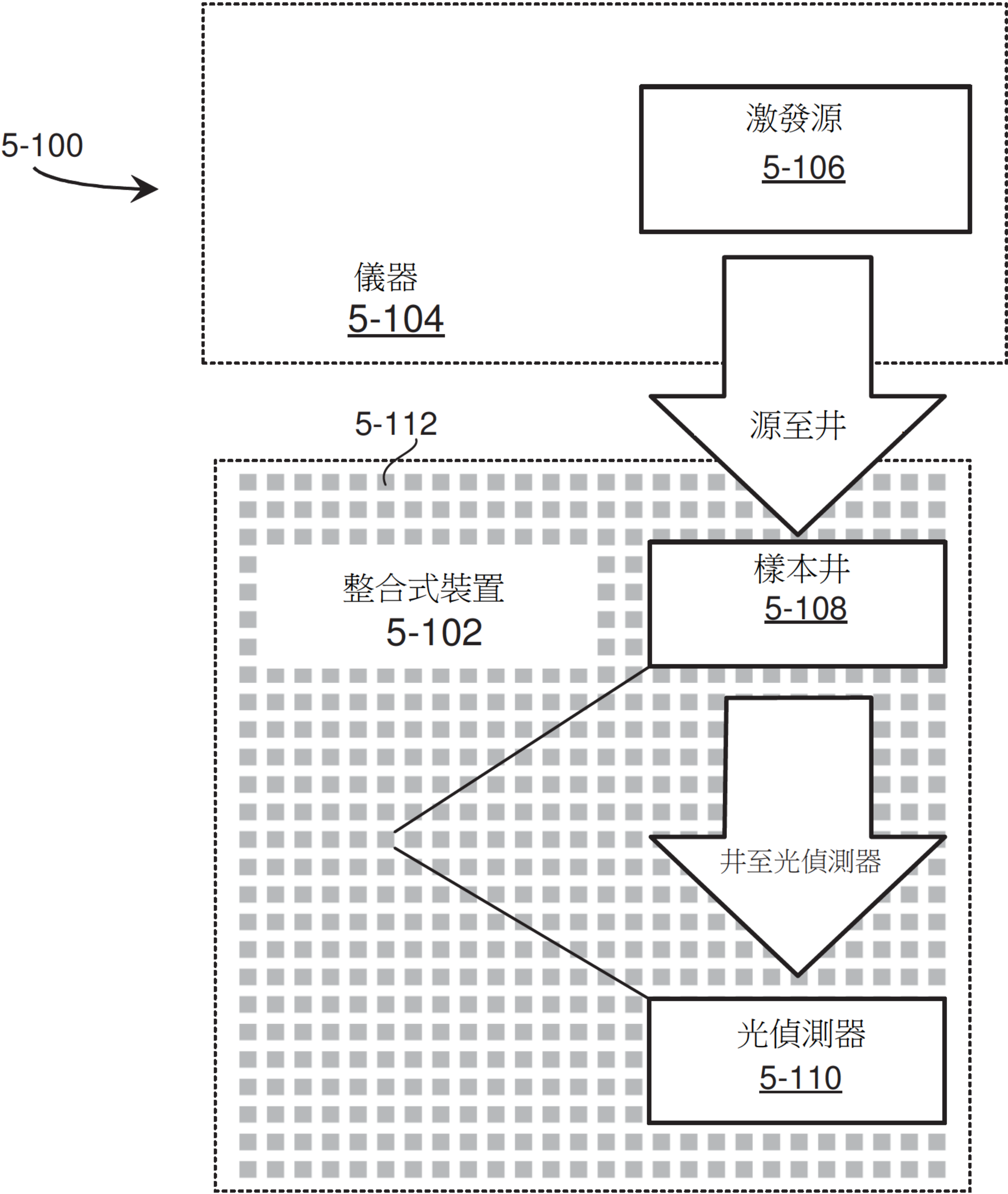
【圖4-18】



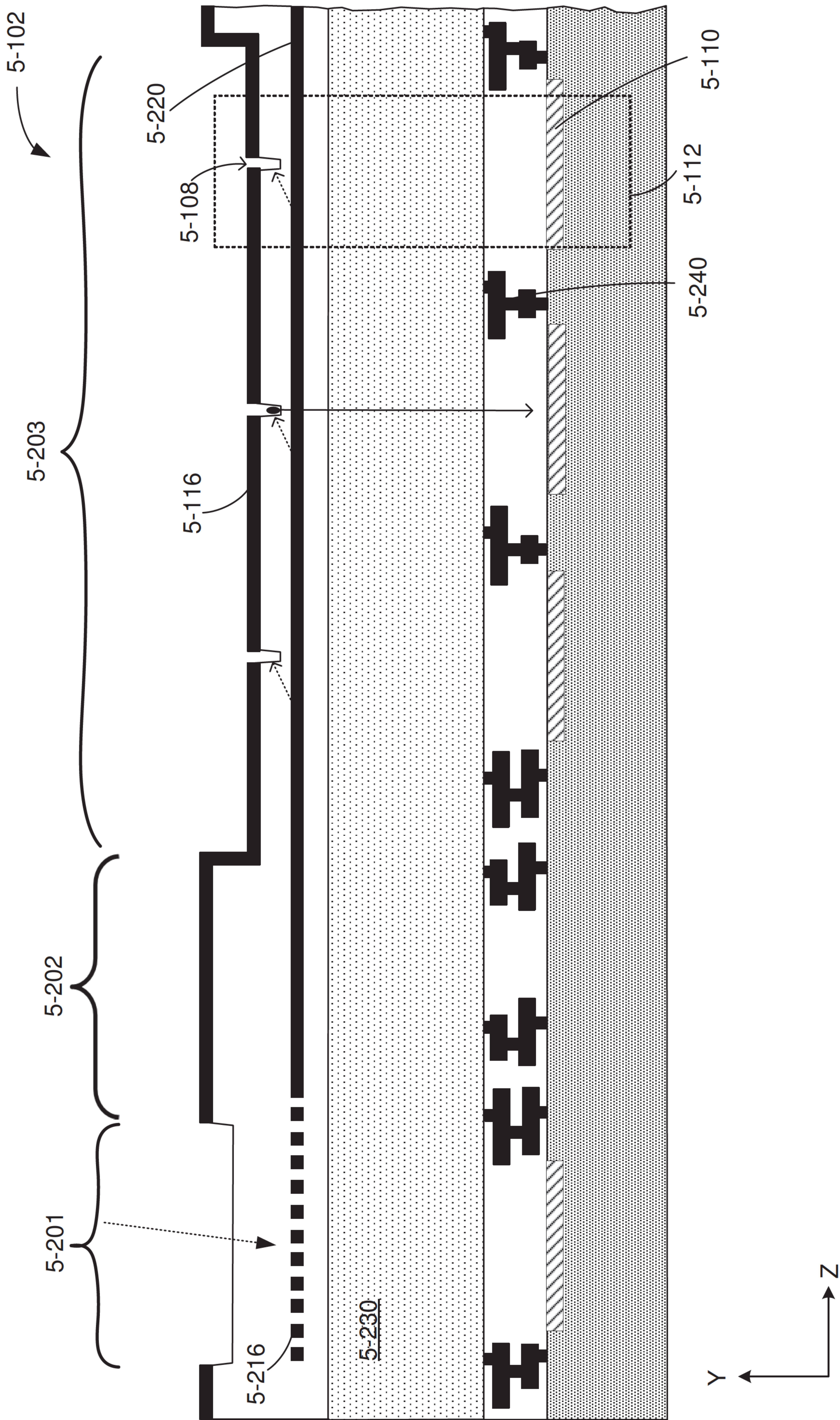
【圖4-19】



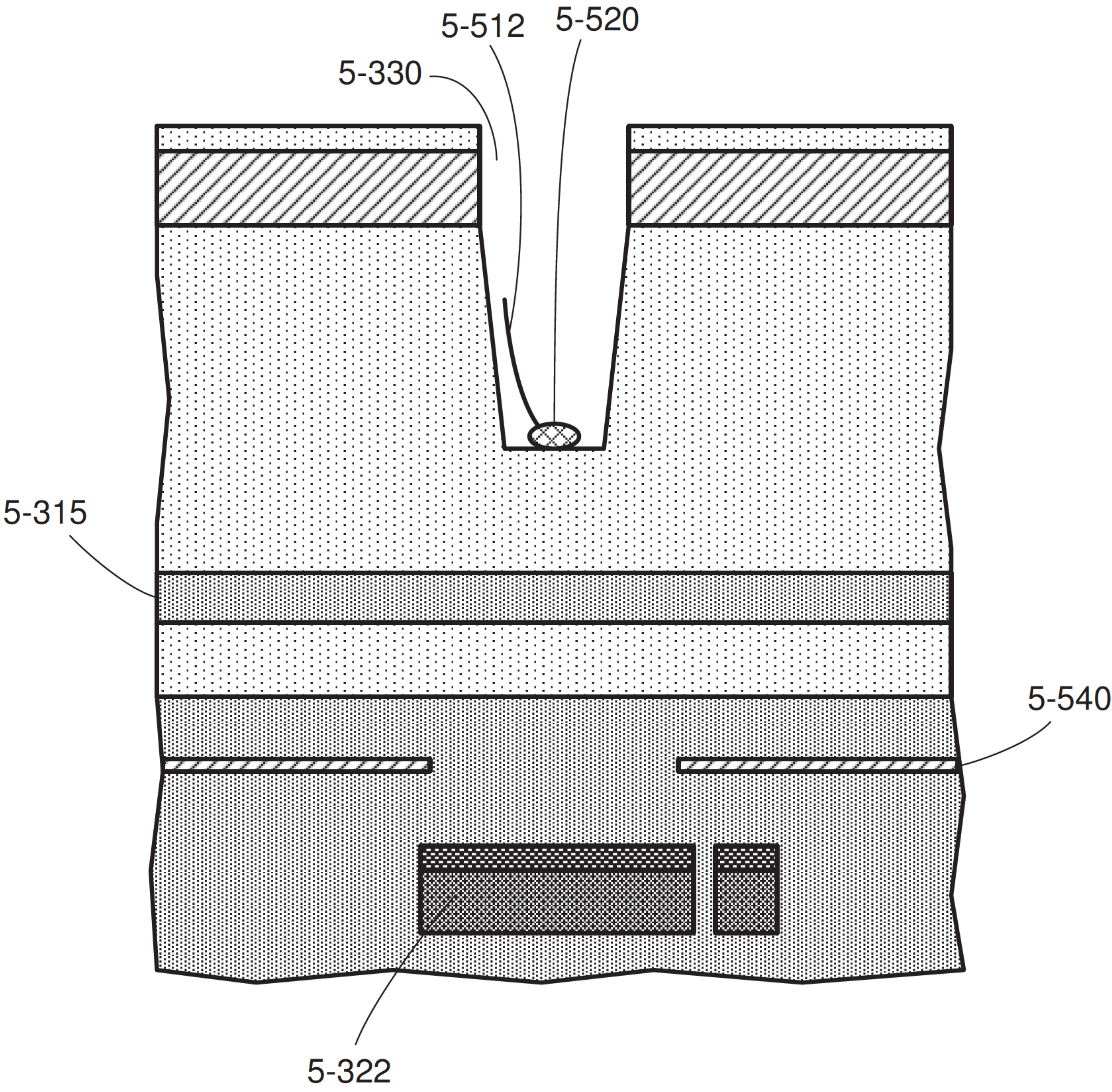
【圖4-20】



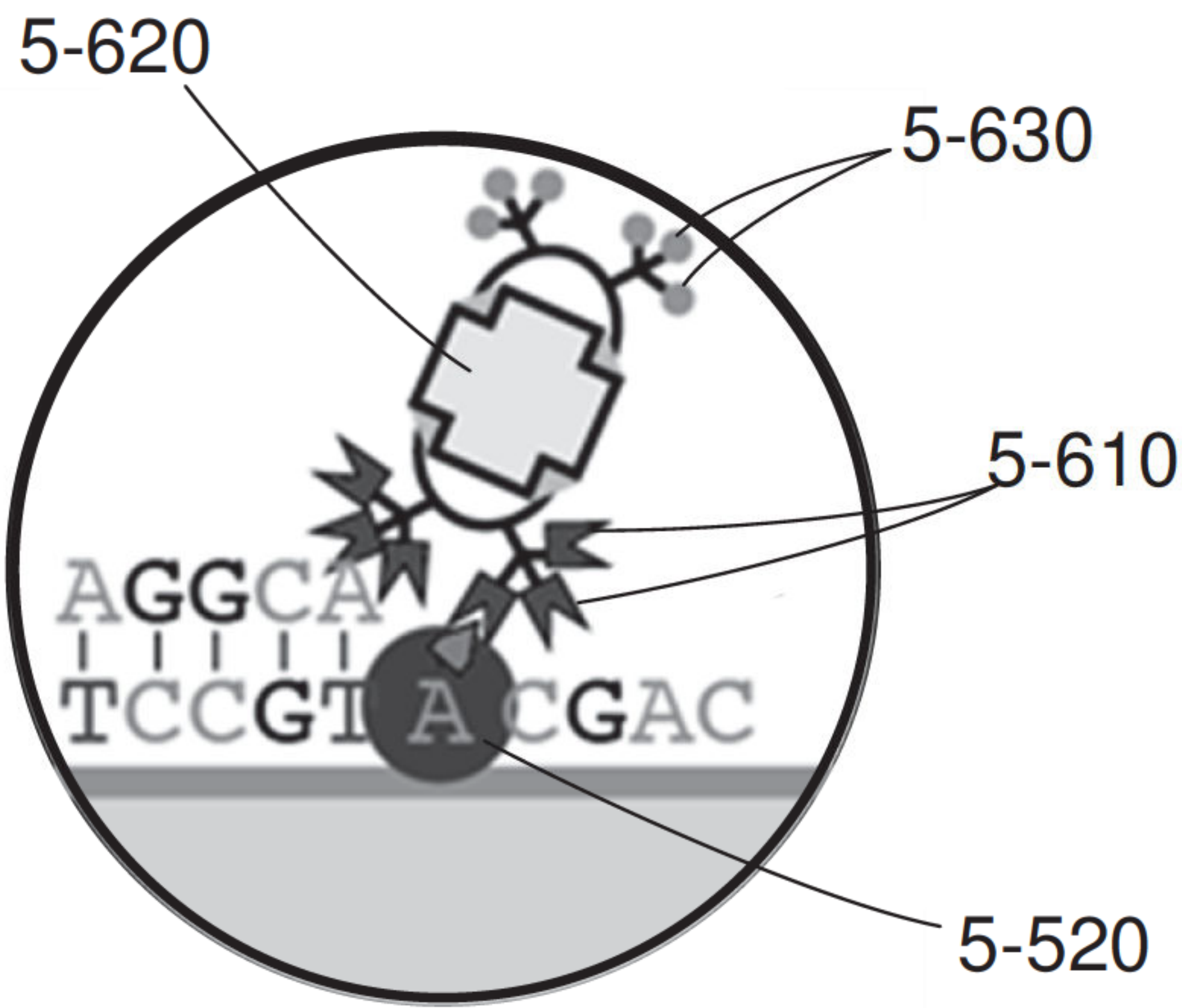
【圖5-1A】



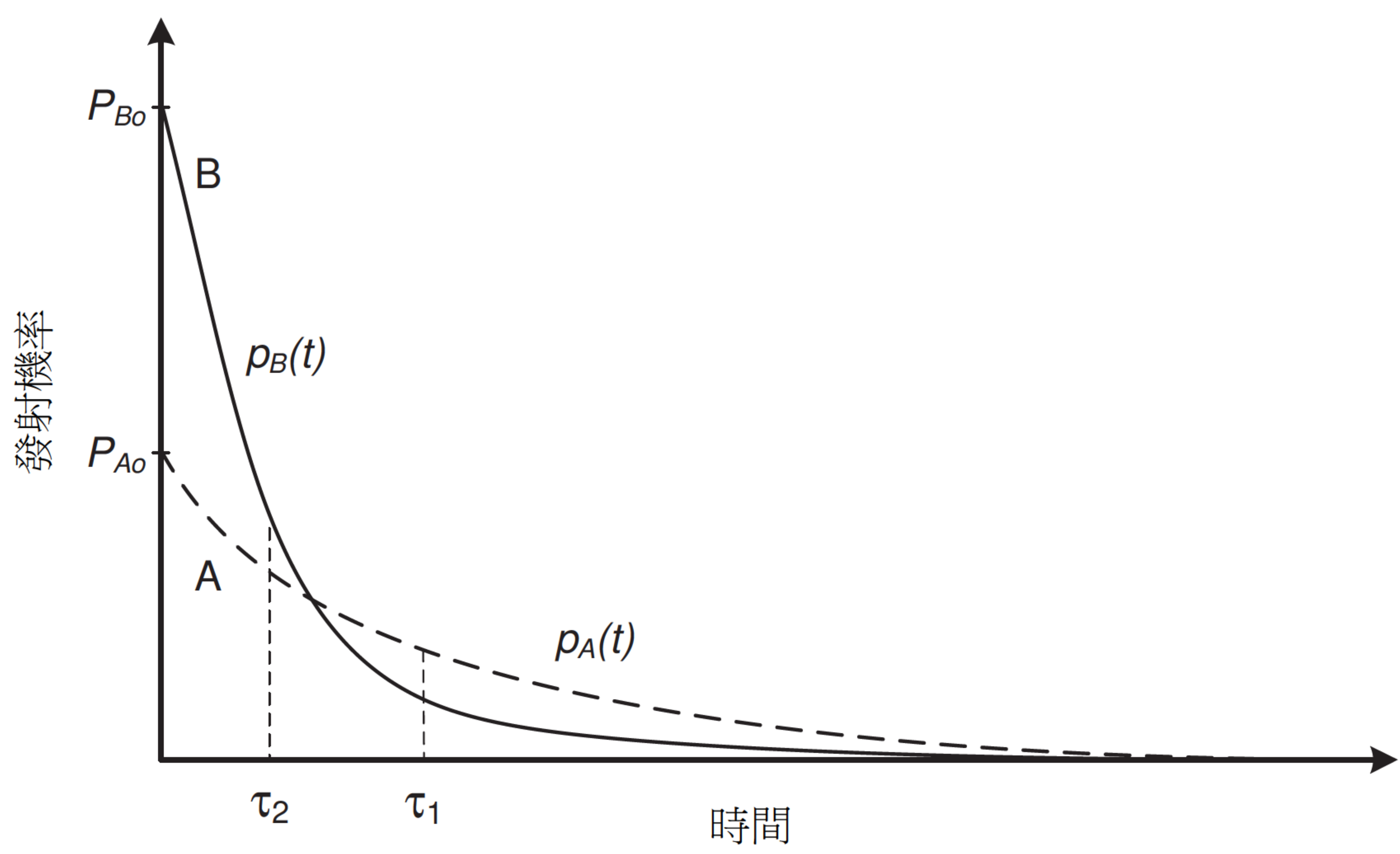
【圖5-1B】



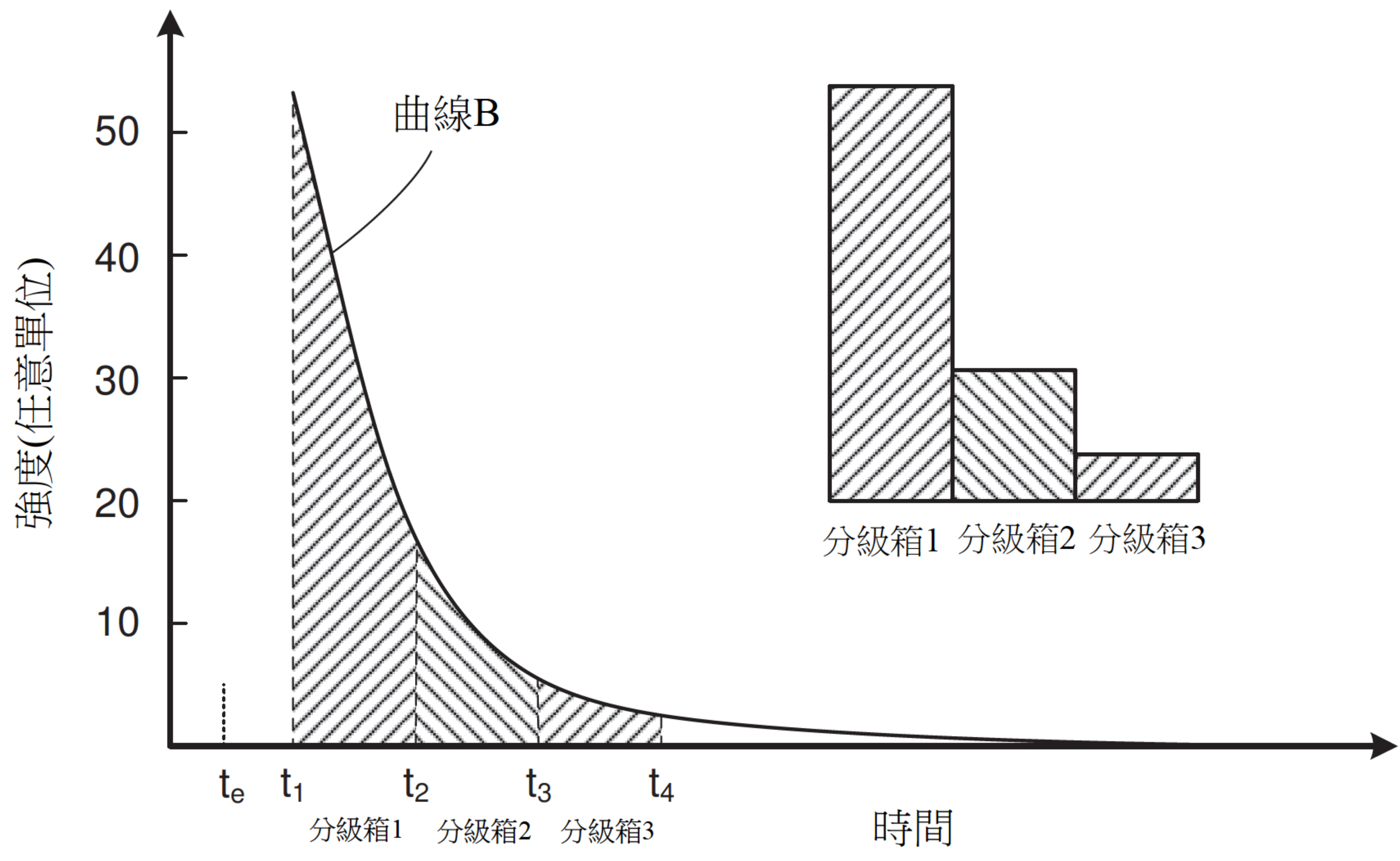
【圖5-2】



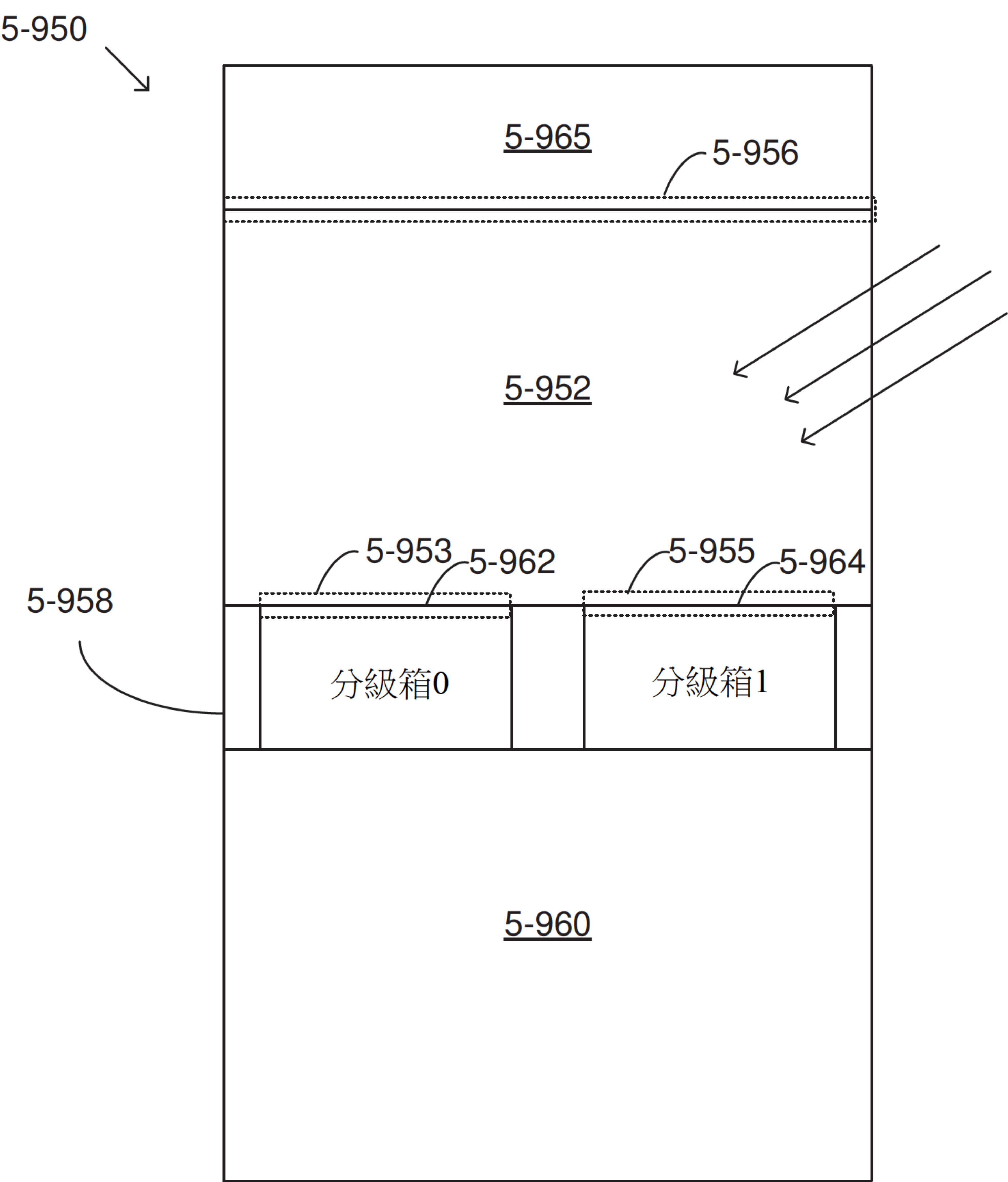
【圖5-3】



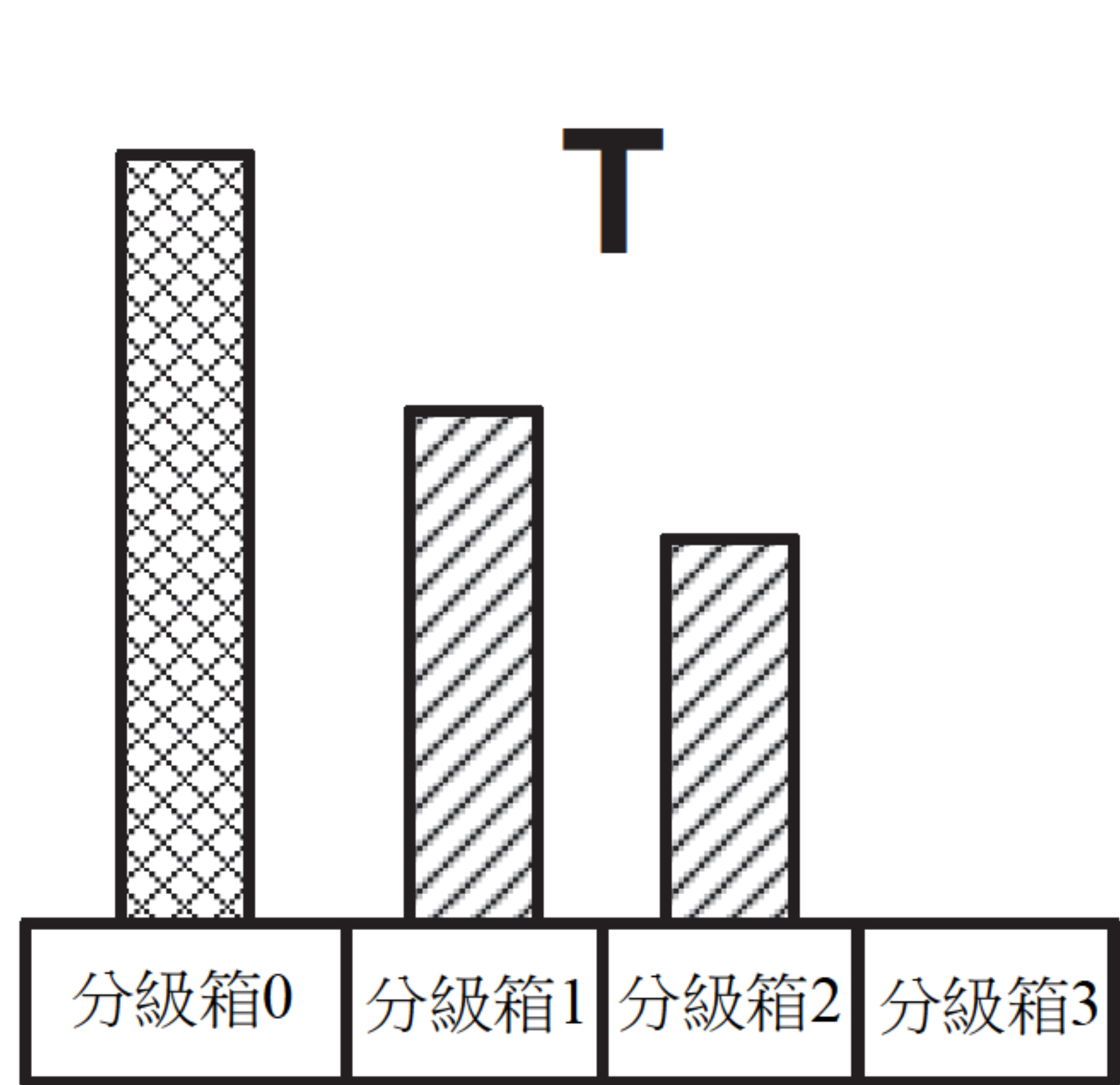
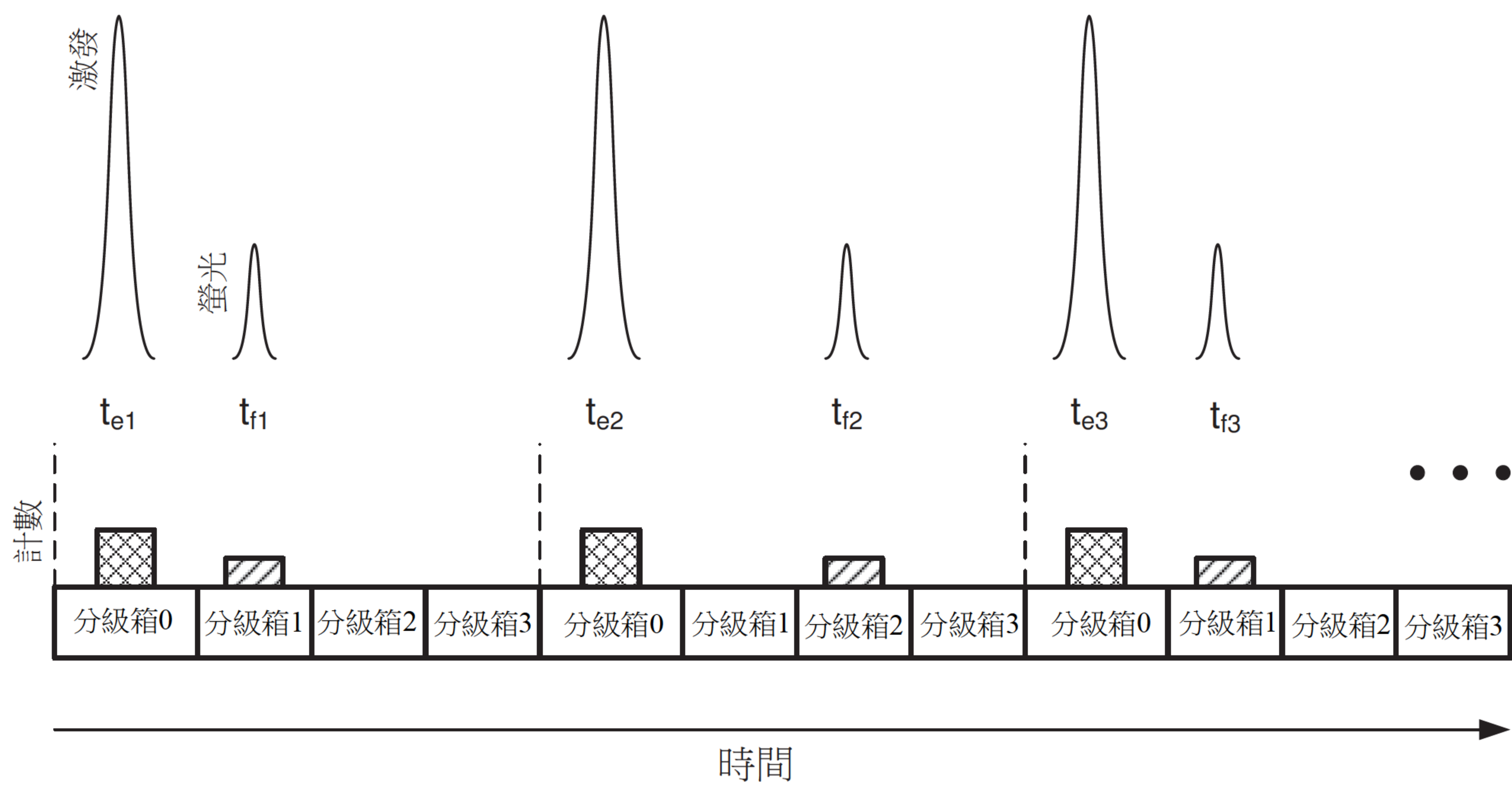
【圖5-4】



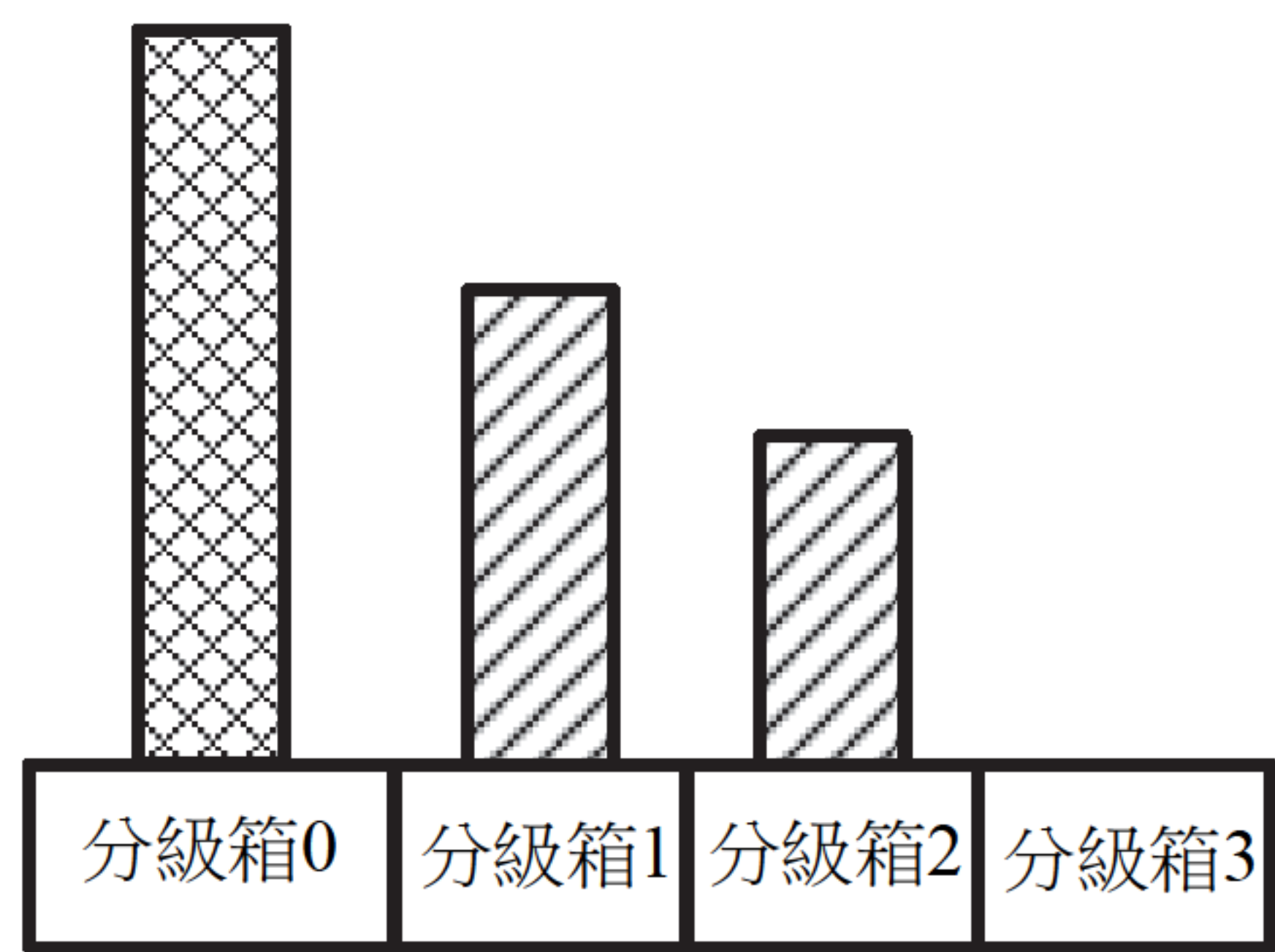
【圖5-5】



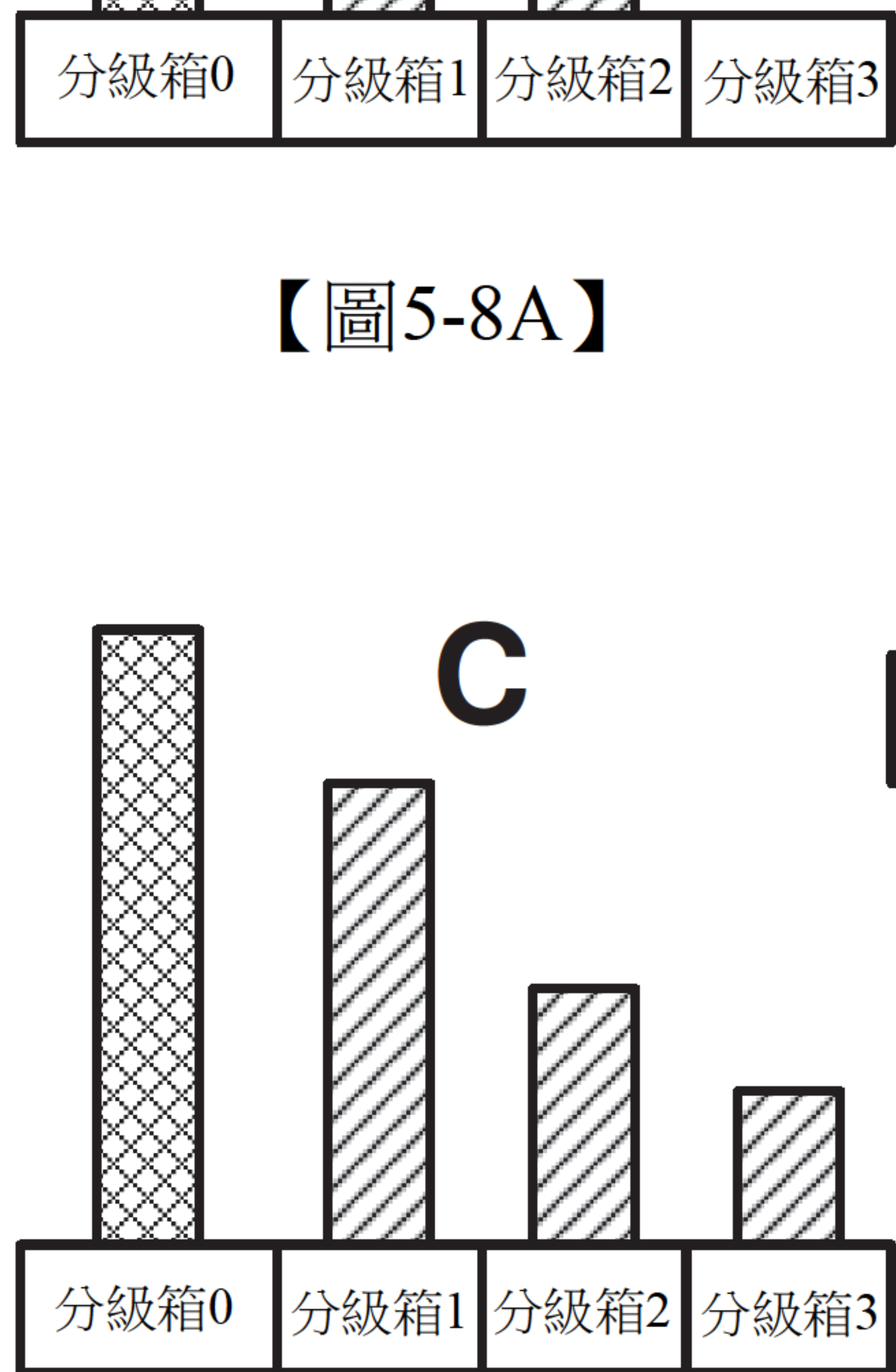
【圖5-6】



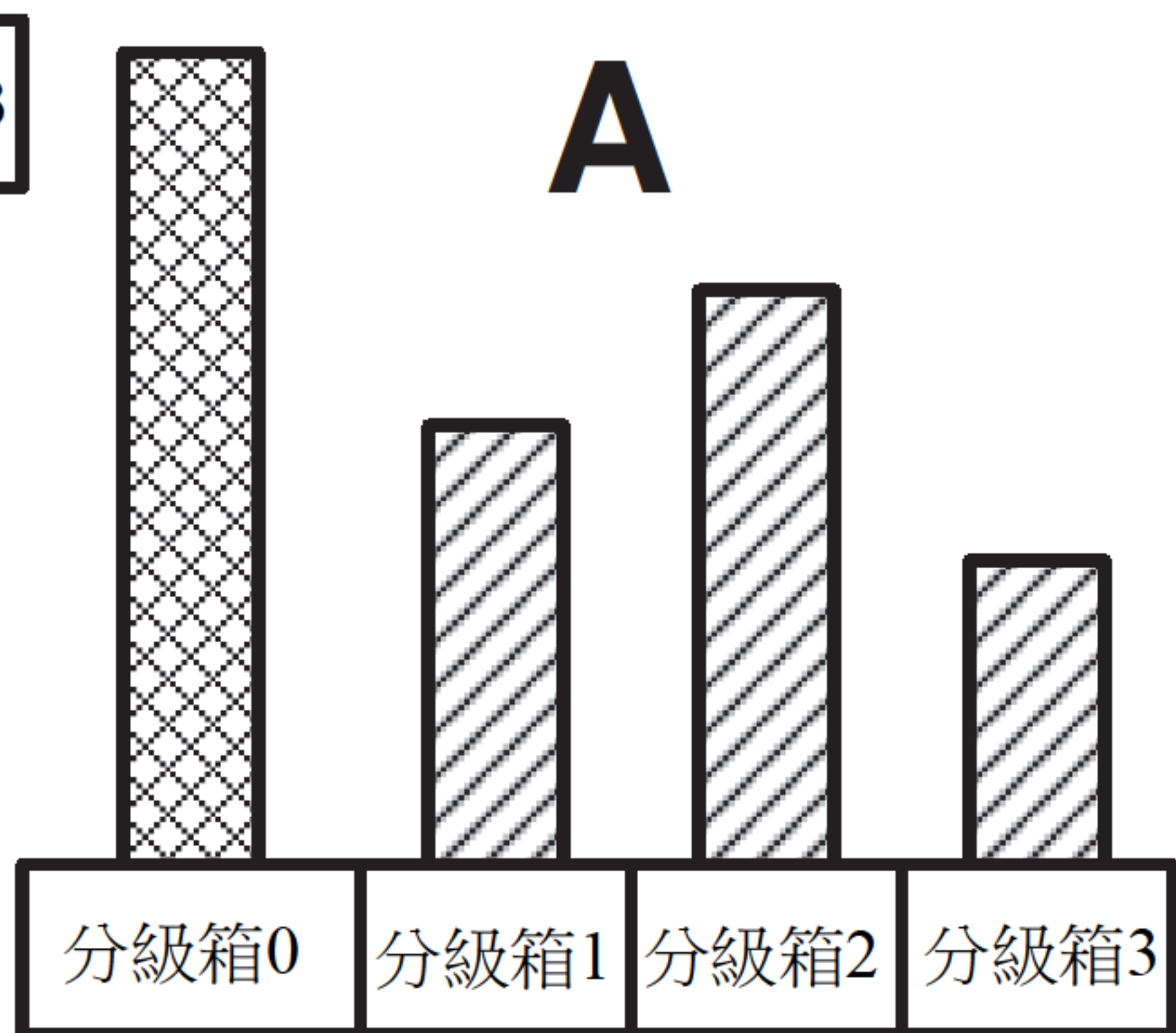
【圖5-7A】



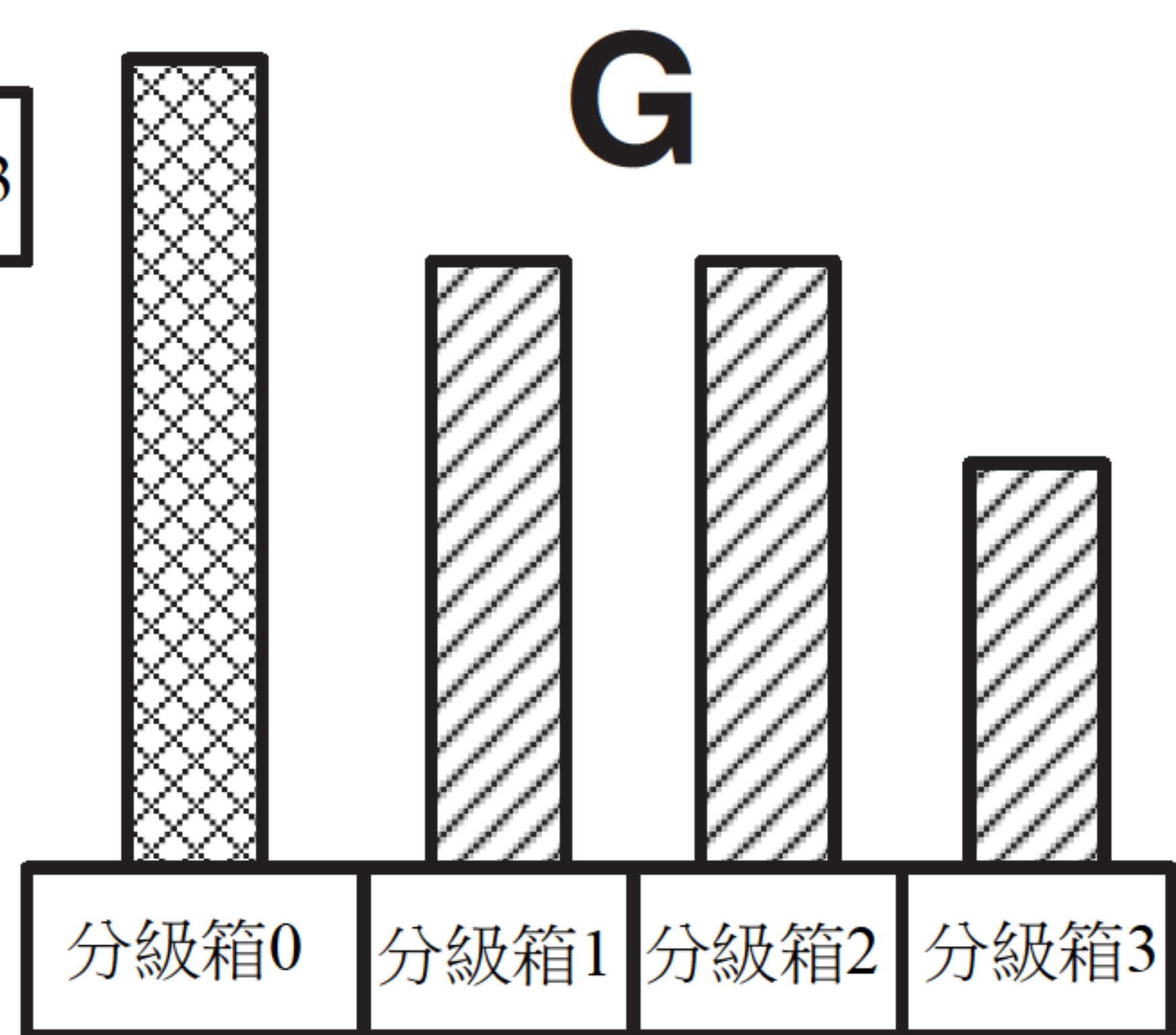
【圖5-7B】



【圖5-8A】



【圖5-8B】



【圖5-8D】

【圖5-8C】