



(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 202307992 A

(43) 公開日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 16 日

(21) 申請案號：111128932 (22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 02 日

(51) Int. Cl. : *H01L21/66 (2006.01)* *G01R31/307 (2006.01)*

(30) 優先權：2021/08/04 南韓 10-2021-0102440  
2021/10/05 南韓 10-2021-0131782

(71) 申請人：南韓商三星電子股份有限公司 (南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)  
南韓

(72) 發明人：李昊俊 LEE, HO JOON (KR)；金一權 KIM, IL KWON (KR)；朴祥杰 PARK, SANG GUL (KR)；鄭槁旭 JEONG, CHANG WOOK (KR)；車文鉉 CHA, MOON HYUN (KR)；金曉星 KIM, SAT BYUL (KR)

(74) 代理人：林孟閱；盧嫻君；陳怡如

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：19 共 43 頁

## (54) 名稱

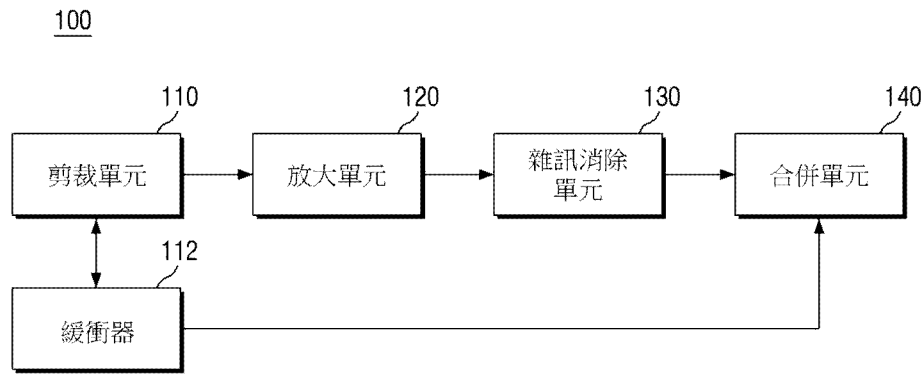
超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置、超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法以及超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統

## (57) 摘要

本發明關於一種超解析度掃描電子顯微鏡 (SEM) 影像實施裝置及/或其方法。提供一種超解析度掃描電子顯微鏡 (SEM) 影像實施裝置，包括：處理器，經組態以剪裁低解析度 SEM 影像以產生第一剪裁影像及第二剪裁影像，放大第一剪裁影像及第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及消除來自第一放大影像及第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

Some example embodiments relate to a super resolution scanning electron microscope (SEM) image implementing device and/or a method thereof. Provided a super resolution scanning electron microscope (SEM) image implementing device comprising a processor configured to crop a low resolution SEM image to generate a first cropped image and a second cropped image, to upscale the first cropped image and the second cropped image to generate a first upscaled image and a second upscaled image, and to cancel noise from the first upscaled image and the second upscaled image to generate a first noise canceled image and a second noise canceled image.

指定代表圖：



符號簡單說明：

100:超解析度 SEM 影像實施裝置

110:剪裁單元

112:緩衝器

120:放大單元

130:雜訊消除單元

140:合併單元

【圖2】



## 【發明摘要】

【中文發明名稱】超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置、超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法以及超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統

【英文發明名稱】SUPER RESOLUTION SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGE IMPLEMENTING DEVICE, SUPER RESOLUTION SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGE IMPLEMENTIN METHOD AND SUPER RESOLUTION SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGE IMPLEMENTING SYSTEM

【中文】本發明關於一種超解析度掃描電子顯微鏡（SEM）影像實施裝置及/或其方法。提供一種超解析度掃描電子顯微鏡（SEM）影像實施裝置，包括：處理器，經組態以剪裁低解析度SEM影像以產生第一剪裁影像及第二剪裁影像，放大第一剪裁影像及第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及消除來自第一放大影像及第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

【英文】Some example embodiments relate to a super resolution scanning electron microscope (SEM) image implementing device and/or a method thereof. Provided a super resolution scanning electron microscope (SEM) image implementing device comprising a processor configured to crop a low resolution SEM image to generate a first cropped image and a second cropped image, to upscale the

first cropped image and the second cropped image to generate a first upscaled image and a second upscaled image, and to cancel noise from the first upscaled image and the second upscaled image to generate a first noise canceled image and a second noise canceled image.

【指定代表圖】圖2

【代表圖之符號簡單說明】

100：超解析度 SEM 影像實施裝置

110：剪裁單元

112：緩衝器

120：放大單元

130：雜訊消除單元

140：合併單元

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置、超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法以及超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統

【英文發明名稱】SUPER RESOLUTION SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGE IMPLEMENTING DEVICE, SUPER RESOLUTION SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGE IMPLEMENTIN METHOD AND SUPER RESOLUTION SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGE IMPLEMENTING SYSTEM

### 【技術領域】

【0001】 一些實例實施例是關於一種超解析度掃描電子顯微鏡 (scanning electron microscope ; SEM) 影像實施裝置及/或其方法，例如操作方法。

### 相關申請案的交叉引用

【0002】 本申請案主張在韓國智慧財產局 2021 年 8 月 4 日申請的韓國專利申請案第 10-2021-0102440 號及 2021 年 10 月 5 日申請的第 10-2021-0131782 號的優先權以及自其產生的所有權益，所述申請案的全部內容以引用的方式併入本文中。

### 【先前技術】

【0003】 隨著半導體裝置的研發難度增加，半導體裝置的評估製程的重要性增加。在半導體裝置的製程的評估中，可基於經由掃

描電子顯微鏡（SEM）設備所獲得的影像執行半導體裝置的製程的評估。

**【0004】** 在此情況下，當經由 SEM 設備所獲得的 SEM 影像作為超解析度影像獲得，且基於超解析度影像執行半導體裝置的製程的評估時，可出現長周轉時間（turn-around-time；TAT）。然而，當經由低解析度 SEM 影像執行半導體裝置的製程的評估時，可降低評估的準確度。

#### **【發明內容】**

**【0005】** 藉由基於經由 SEM 設備所獲得的低解析度 SEM 影像使用深度學習來實施超解析度 SEM 影像，可減少 TAT 且可增加半導體裝置的製程的評估的準確度。

**【0006】** 實例實施例的各態樣提供一種超解析度掃描電子顯微鏡（SEM）影像實施裝置，所述裝置自低解析度 SEM 影像實施具有改良的可靠度的超解析度 SEM 影像。

**【0007】** 替代地或另外，一些實例實施例提供一種超解析度 SEM 影像實施方法，所述方法自低解析度 SEM 影像實施具有改良的可靠度的超解析度 SEM 影像。

**【0008】** 替代地或另外，一些實例實施例提供一種超解析度 SEM 影像實施系統，所述系統自低解析度 SEM 影像實施具有改良的可靠度的超解析度 SEM 影像。

**【0009】** 根據一些實例實施例，提供一種超解析度掃描電子顯微鏡（SEM）影像實施裝置，包括：處理器，經組態以實行機器可讀指令以使得裝置剪裁低解析度 SEM 影像以產生第一剪裁影像及

第二剪裁影像，放大第一剪裁影像及第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及消除來自第一放大影像及第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

**【0010】** 根據一些實例實施例，提供一種超解析度 SEM 影像實施方法，包括：藉由用處理器剪裁低解析度 SEM 影像來產生第一剪裁影像及第二剪裁影像，藉由用處理器放大第一剪裁影像及第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及藉由用處理器消除來自第一放大影像及第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

**【0011】** 根據一些實例實施例，提供一種超解析度 SEM 影像實施系統，包括：中央處理單元；匯流排，連接至中央處理單元；以及超解析度 SEM 影像實施裝置，經由匯流排與中央處理單元通信，超解析度 SEM 影像實施裝置包含：處理器，經組態以剪裁低解析度 SEM 影像以產生第一剪裁影像及第二剪裁影像，放大第一剪裁影像及第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及消除來自第一放大影像及第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

### **【圖式簡單說明】**

**【0012】** 本揭露內容的以上及其他態樣及特徵將藉由參考附圖詳細描述其一些實例實施例而變得更顯而易見，其中：

圖 1 為示出根據一些實例實施例的超解析度掃描電子顯微鏡 (SEM) 影像實施系統的說明性方塊圖。

圖 2 為示出根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施裝

置的說明性方塊圖。

圖 3 為用於描述剪裁單元的剪裁操作的說明性視圖。

圖 4 為用於描述剪裁影像的說明性視圖。

圖 5 為用於描述彼此鄰近的多個剪裁影像的說明性視圖。

圖 6 為用於描述經由剪裁單元的另一剪裁操作所產生的剪裁影像的說明性視圖。

圖 7 為用於描述放大單元的操作的說明性視圖。

圖 8 為用於描述經由放大單元的放大操作所產生的放大影像的說明性視圖。

圖 9 為用於描述雜訊消除單元的操作的說明性視圖。

圖 10 為用於描述經由雜訊消除單元的雜訊消除操作所產生的雜訊消除影像的說明性視圖。

圖 11 為用於描述經由合併單元所產生的超解析度 SEM 影像的說明性視圖。

圖 12 為用於描述根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施方法的說明性流程圖。

圖 13 為示出根據一些實例實施例的經由超解析度 SEM 影像實施方法所產生的超解析度 SEM 影像的臨界尺寸（critical dimension；CD）分佈的說明性曲線圖。

圖 14 為示出根據一些實例實施例的另一超解析度 SEM 影像實施系統的說明性方塊圖。

圖 15 為用於描述根據一些實例實施例的異常偵測單元的說明性方塊圖。

圖 16 為用於描述異常偵測單元的訓練單元的操作的說明性

視圖。

圖 17 為用於描述異常偵測單元的深度學習應用單元的操作的說明性視圖。

圖 18 為用於描述異常偵測單元的異常偵測器的操作的說明性方塊圖。

圖 19 為用於描述根據一些實例實施例的異常偵測單元的操作的說明性流程圖。

### 【實施方式】

【0013】 圖 1 為示出根據一些實例實施例的超解析度掃描電子顯微鏡（SEM）影像實施系統的說明性方塊圖。

【0014】 參考圖 1，根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施系統 10 包含中央處理單元（central processing unit；CPU）200 及圖形處理單元（graphics processing unit；GPU）300、神經處理單元（neural processing unit；NPU）400 以及超解析度 SEM 影像實施裝置 100。

【0015】 中央處理單元 200 可控制超解析度 SEM 影像實施系統 10 的總體操作；舉例而言，構成超解析度 SEM 影像實施系統 10 的其他組件的操作。

【0016】 超解析度 SEM 影像實施系統 10 可包含用於諸如人工智慧（artificial intelligence；AI）資料運算的高速資料運算的專用電路的加速器。加速器可包含例如圖形處理單元 300、神經網路處理單元 400 及/或資料處理單元（data processing unit；DPU）（未示出）。

【0017】 超解析度 SEM 影像實施系統 10 包含將低解析度 SEM 影像實施為超解析度 SEM 影像的超解析度 SEM 影像實施裝置 100。

【0018】 當經由 SEM 設備所獲得的 SEM 影像作為超解析度影像獲得且基於超解析度影像執行半導體裝置的製程的評估及/或調整時，可出現長周轉時間（TAT）。替代地，當使用低解析度 SEM 影像執行半導體裝置的製程的評估及/或調整以便減少 TAT 時，可降低評估的準確度。SEM 影像可在例如作為臨界尺寸（CD）量測及/或調整製程的部分的半導體製造製程期間獲得。

【0019】 因此，藉由基於藉由超解析度 SEM 影像實施裝置 100 經由 SEM 設備所獲得的低解析度 SEM 影像使用深度學習來實施超解析度 SEM 影像，可減少 TAT，且另外可增加半導體裝置的製程的評估的準確度。

【0020】 在下文中，將描述基於藉由超解析度 SEM 影像實施裝置 100 經由 SEM 設備所獲得的低解析度 SEM 影像使用深度學習來實施超解析度 SEM 影像的操作及方法。

【0021】 圖 2 為示出根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施裝置的說明性方塊圖。

【0022】 超解析度 SEM 影像實施裝置 100 包含剪裁單元 110、緩衝器 112、放大單元 120、雜訊消除單元 130 以及合併單元 140。描述於圖 2 中的組件中的每一者作為不同元件示出；然而，實例實施例不限於此。參考圖 2 中的一或多個元件所描述的功能中的一些可藉由描述於圖 2 中的一或多個其他元件來執行。圖 2 中所示出的元件的功能可藉由處理器來執行，例如經組態以實行當實行時使得處理器執行各種功能的機器可讀指令的處理器。

【0023】 剪裁單元 110 可對低解析度 SEM 影像執行剪裁。將參考圖 3 描述剪裁單元 110 的操作。

【0024】 圖 3 為用於描述剪裁單元的剪裁操作的說明性視圖。

【0025】 參考圖 2 及圖 3，剪裁單元 110 接收經由 SEM 設備所獲得的第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 至第 N 低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I N，其中 N 為大於 1 的自然數。在下文中，將相對於第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 描述根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施裝置的操作及實施方法，且本說明書亦可應用於其他低解析度 SEM 影像(例如，第 N 低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I N)。

【0026】 如本文所描述，低解析度 SEM 影像可指具有低於/小於超解析度 SEM 影像的解析度的 SEM 影像。

【0027】 藉由剪裁單元 110 接收到的第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 可為例如在相對於 FinFET 半導體元件執行用於形成鱗片的蝕刻製程之後的影像。替代地或另外，藉由剪裁單元 110 接收到的第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 可為在相對於動態隨機存取記憶體 (dynamic random access memory ; DRAM) 半導體元件執行用於形成淺溝槽絕緣體 (shallow trench insulator ; STI) 的溝槽蝕刻製程之後的影像。替代地或另外，藉由剪裁單元 110 接收到的第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 可為在相對於 NAND 半導體元件執行用於形成閘極線的蝕刻製程之後的影像。替代地或另外，藉由剪裁單元 110 接收到的第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 可為在相對於 VNAND 半導體元件執行用於形成通道孔的蝕刻製程之後的影像。藉由剪裁單元 110 接收到的第一低解析度 SEM

影像 LR\_S\_I 1 不限於上文所描述的實例，且可為用於各種半導體裝置的處理製程中的影像。

**【0028】** 剪裁單元 110 可剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1。舉例而言，剪裁單元 110 可剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 以產生多個剪裁影像（第一剪裁影像 C\_I 1 至第十六剪裁影像 C\_I 16）。為了參考，藉由用剪裁單元 110 剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 所產生的剪裁影像的數目不限於 16，且可大於 16 或小於 16。

**【0029】** 舉例而言，可產生藉由用剪裁單元 110 剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 所產生的第一剪裁影像 C\_I 1，如圖 4 中所示出。

**【0030】** 圖 4 為用於描述剪裁影像的說明性視圖。

**【0031】** 參考圖 2 至圖 4，示出藉由用剪裁單元 110 剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 所產生的第一剪裁影像 C\_I 1。在下文中，對於第一剪裁影像 C\_I 1 的描述亦可應用於其他剪裁影像（第二剪裁影像 C\_I 2 至第十六剪裁影像 C\_I 16）。

**【0032】** 剪裁單元 110 可將第一位置儲存於緩衝器 112 中，所述第一位置為第一剪裁影像 C\_I 1 上的位置資訊。緩衝器 112 可實施為靜態隨機存取記憶體（static random access memory；SRAM）緩衝器及/或動態隨機存取記憶體（DRAM）緩衝器；然而，實例實施例不限於此。

**【0033】** 舉例而言，剪裁單元 110 可將包含用於剪裁第一剪裁影像 C\_I 1 的水平起點 HSP、豎直起點 VSP、水平範圍 HR 以及豎直範圍 VR 的第一位置儲存於緩衝器 112 中。儘管水平起點 HSP 及

豎直起點 VSP 示出為處於圖 4 中的第一剪裁影像 C\_I 1 的左下方中，但實例實施例不限於此，且起點可位於第一剪裁影像 C\_I 1 中的其他位置處。

**【0034】** 剪裁單元 110 可剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 以使得在藉由剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 所產生的多個剪裁影像（第一剪裁影像 C\_I 1 至第十六剪裁影像 C\_I 16）之間不存在彼此交疊的部分。

**【0035】** 舉例而言，可在第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 內無彼此交疊的區域的情況下剪裁多個剪裁影像（第一剪裁影像 C\_I 1 至第十六剪裁影像 C\_I 16）。

**【0036】** 替代地，剪裁單元 110 可剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 以使得在藉由剪裁第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 所產生的多個剪裁影像（第一剪裁影像 C\_I 1 至第十六剪裁影像 C\_I 16）之間存在彼此交疊的部分。

**【0037】** 下文將參考圖 5 及圖 6 描述其詳細描述。

**【0038】** 圖 5 為用於描述彼此鄰近的多個剪裁影像的說明性視圖。圖 6 為用於描述經由剪裁單元的另一剪裁操作所產生的剪裁影像的說明性視圖。

**【0039】** 參考圖 2、圖 3、圖 5 以及圖 6，第一剪裁影像 C\_I 1 及第二剪裁影像 C\_I 2 可基於/沿著邊界線 B\_L 彼此接觸。

**【0040】** 在此情況下，剪裁單元 110 可自剪裁開始的第一水平起點 HSP 1 將第一水平範圍 HR1 標明為剪裁區域，且執行剪裁。另外，剪裁單元 110 可自剪裁開始的第二水平起點 HSP 2 將第二水平範圍 HR2 標明為另一剪裁區域，且執行剪裁。

【0041】 舉例而言，剪裁單元 110 可產生第一-第一剪裁影像  $C_I 1'$ ，所述第一-第一剪裁影像  $C_I 1'$  經剪裁以包含相對於第一剪裁影像  $C_I 1$  以第二長度  $L2$  自邊界線  $B_L$  滲透至第二剪裁影像  $C_I 2$  中的區域（圖案化為自左上側至右下側的對角線的區域）。

【0042】 另外，剪裁單元 110 可產生第二-第一剪裁影像  $C_I 2'$ ，所述第二-第一剪裁影像  $C_I 2'$  經剪裁以包含相對於第二剪裁影像  $C_I 2$  以第一長度  $L1$  自邊界線  $B_L$  滲透至第一剪裁影像  $C_I 1$  中的區域（圖案化為自右上側至左下側的對角線的區域）。

【0043】 為了參考，第一長度  $L1$  及第二長度  $L2$  可相同或彼此不同。

【0044】 再次參考圖 2，放大單元 120 可放大經由剪裁單元 110 所產生的多個剪裁影像（第一剪裁影像  $C_I 1$  至第十六剪裁影像  $C_I 16$ ）以產生多個放大影像。

【0045】 將參考圖 7 及圖 8 詳細描述放大單元 120 的操作。

【0046】 在下文中，將藉助於實例描述放大第一剪裁影像  $C_I 1$  以產生第一放大影像。

【0047】 圖 7 為用於描述放大單元的操作的說明性視圖。

【0048】 參考圖 2 及圖 7，放大單元 120 可首先對第一剪裁影像  $C_I 1$  執行殘差學習。更詳言之，放大單元 120 可產生多個殘餘區塊以用於相對於第一剪裁影像  $C_I 1$  的學習的穩定性。

【0049】 舉例而言，放大單元 120 可產生 16 個殘餘區塊。

【0050】 其後，放大單元 120 使用用於 16 個殘餘區塊的跳過連接將 16 個殘餘區塊的前部及後部彼此連接以使濾波器參數最佳化。

【0051】 其後，放大單元 120 可經由去卷積及/或上取樣操作產生

第一放大影像  $U_{I1}$ 。舉例而言，可執行 2 的放大倍數的上取樣操作。替代地，舉例而言，可執行 4 的放大倍數的上取樣操作。

**【0052】** 在此情況下，放大單元 120 可使用經由基於深度學習的網路所產生的第一放大影像  $U_{I1}$  與第一地面實況影像  $GT_{I1}$  之間的均方誤差 (mean square error; MSE) 損失函數及/或平均差 (mean absolute error; MAE) 損失函數來產生第一放大影像  $U_{I1}$ 。舉例而言，放大單元 120 可使用影像損失來產生第一放大影像  $U_{I1}$ 。第一地面實況影像  $GT_{I1}$  可為對應於第一剪裁影像  $C_{I1}$  的自 SEM 獲得的高解析度影像。

**【0053】** 替代地或另外，放大單元 120 可使用使用諸如 VGGNet 及/或 Resnet 的卷積神經網路 (convolutional neural network; CNN) 所產生的第一放大影像  $U_{I1}$  與第一地面實況影像  $GT_{I1}$  之間的感知損失來產生第一放大影像  $U_{I1}$ ，所述 VGGNet 及/或 Resnet 為各種基於深度學習的影像鑑別器網路。第一地面實況影像  $GT_{I1}$  可為對應於第一剪裁影像  $C_{I1}$  的自 SEM 獲得的高解析度影像。

**【0054】** 鑑別器網路可將第一放大影像  $U_{I1}$  與第一地面實況影像  $GT_{I1}$  彼此連續比較以增加第一放大影像  $U_{I1}$  的解析度。第一地面實況影像  $GT_{I1}$  可為對應於第一剪裁影像  $C_{I1}$  的自 SEM 獲得的高解析度影像。

**【0055】** 圖 8 為用於描述經由放大單元的放大操作所產生的放大影像的說明性視圖。

**【0056】** 參考圖 2、圖 4 以及圖 8，第一放大影像  $U_{I1}$  可經由上文所描述的放大單元 120 的操作自第一剪裁影像  $C_{I1}$  產生。

**【0057】** 再次參考圖 2，雜訊消除單元 130 可消除來自第一放大影

像  $U_{I1}$  的雜訊以產生第一雜訊消除影像。

【0058】 將參考圖 9 描述雜訊消除單元 130 的操作。

【0059】 圖 9 為用於描述雜訊消除單元的操作的說明性視圖。

【0060】 參考圖 9，雜訊消除單元 130 包含對第一放大影像  $U_{I1}$  執行卷積的編碼器 132 及對已執行卷積的第一放大影像  $U_{I1}$  執行去卷積的解碼器 134。

【0061】 當學習神經網路模型時，神經網路模型的層愈深，學習結果愈好，但若層變得太深及/或過度增加節點的數目，則可出現資訊損失及/或可出現在錯誤方向上更新權重的問題。

【0062】 因此，為了使用前述層的資訊，可應用連接前述層的資訊的選擇性跳過連接。

【0063】 舉例而言，雜訊消除單元 130 可抑制用於第一放大影像  $U_{I1}$  的作為雜訊消除單元 130 的輸入接收到的結構資訊的損失，且同時，經由編碼器 132 與解碼器 134 之間的選擇性跳過連接消除來自第一放大影像  $U_{I1}$  的雜訊。

【0064】 圖 10 為用於描述經由雜訊消除單元的雜訊消除操作所產生的雜訊消除影像的說明性視圖。

【0065】 參考圖 2、圖 9 以圖 10，自第一放大影像  $U_{I1}$  消除雜訊的第一雜訊消除影像  $N_{C_{I1}}$  可經由雜訊消除單元 130 產生。

【0066】 再次參考圖 2，合併單元 140 可將經由第一低解析度 SEM 影像  $LR_{S_{I1}}$  所產生的多個雜訊消除影像（例如，包含第一雜訊消除影像  $N_{C_{I1}}$  的多個雜訊消除影像）彼此合併。

【0067】 在此情況下，合併單元 140 可基於儲存於緩衝器 112 中的剪裁影像中的每一者的位置資訊將多個雜訊消除影像（例如，

包含第一雜訊消除影像 N\_C\_I 1 的多個雜訊消除影像)彼此合併。

【0068】 因此，可產生一個第一超解析度 SEM 影像。

【0069】 圖 11 為用於描述經由合併單元所產生的超解析度 SEM 影像的說明性視圖。

【0070】 再次參考圖 2 及圖 11，合併單元 140 可將經由第一低解析度 SEM 影像 LR\_S\_I 1 所產生的多個雜訊消除影像（例如，包含第一雜訊消除影像 N\_C\_I 1 的多個雜訊消除影像）彼此合併以產生第一超解析度 SEM 影像 SR\_S\_I。

【0071】 在此情況下，當根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施裝置 100 的剪裁單元 110 以如下方式執行剪裁，即交疊區域包含為第一-第一剪裁影像 C\_I 1'及第二-第一剪裁影像 C\_I 2'中時，合併單元 140 可藉由相對於至少一個剪裁影像移除交疊區域來執行合併。

【0072】 圖 12 為用於描述根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施方法的說明性流程圖。

【0073】 參考圖 2 及圖 12，藉由經由剪裁單元 110 剪裁低解析度掃描電子顯微鏡 (SEM) 影像而產生多個剪裁影像 (S100)。

【0074】 接著，藉由經由放大單元 120 對多個剪裁影像中的每一者執行放大而產生多個放大影像 (S110)。

【0075】 接著，藉由經由雜訊消除單元 130 自多個放大影像中的每一者消除雜訊而產生多個雜訊消除影像 (S120)。

【0076】 接著，將多個雜訊消除影像彼此合併 (S130)，且產生一個超解析度 SEM 影像 (S140)。

【0077】 視情況，可基於超解析度 SEM 影像而製造半導體裝置

(S150)。

【0078】圖 13 為示出根據一些實例實施例的經由超解析度 SEM 影像實施方法所產生的超解析度 SEM 影像的臨界尺寸 (CD) 分佈的說明性曲線圖。

【0079】參考圖 13，根據一些實例實施例的經由超解析度 SEM 影像實施裝置 100 自由低解析度 SEM 影像產生的超解析度 (super resolution; SR) SEM 影像提取的臨界尺寸 (CD) 繪示於豎軸上。

【0080】另外，自由 SEM 裝置獲得的高解析度 SEM 影像提取的 CD 繪示於橫軸上。

【0081】經由圖 13 可見，根據一些實例實施例的經由超解析度 SEM 影像實施裝置 100 自低解析度 SEM 影像產生的超解析度 (SR) SEM 影像非常接近於自 SEM 裝置獲得的高解析度 SEM 影像。

【0082】圖 14 為示出根據一些實例實施例的另一超解析度 SEM 影像實施系統的說明性方塊圖。

【0083】參考圖 14，根據一些實例實施例的另一超解析度 SEM 影像實施系統 12 與圖 1 中所示出的根據一些實例實施例的超解析度 SEM 影像實施系統 10 不同，此是由於超解析度 SEM 影像實施系統 12 更包含異常偵測單元 600。

【0084】圖 15 為用於描述根據一些實例實施例的異常偵測單元的說明性方塊圖。

【0085】參考圖 15，異常偵測單元 600 包含訓練單元 610、深度學習應用單元 620 以及異常偵測器 630。

【0086】將參考圖 16 描述訓練單元 610。

【0087】圖 16 為用於描述異常偵測單元的訓練單元的操作的說明

性視圖。

【0088】 參考圖 15 及圖 16，訓練單元 610 基於經由超解析度 SEM 影像實施裝置 100 接收到的超解析度 SEM 影像 SR\_S\_I 經由與佈局影像的比較來執行影像轉譯學習訓練。

【0089】 再次參考圖 15，藉由深度學習應用單元 620 經由深度學習模型執行 SEM 影像轉譯，在深度學習模型上，經由來自訓練單元 610 的佈局影像對所述深度學習模型執行學習訓練。

【0090】 將參考圖 17 描述深度學習應用單元 620 的操作。

【0091】 圖 17 為用於描述異常偵測單元的深度學習應用單元的操作的說明性視圖。

【0092】 參考圖 15 及圖 17，深度學習應用單元 620 基於影像轉譯深度學習模型執行 SEM 影像轉譯，使用諸如人工神經網路 (artificial neural network ; ANN) 的機器學習或使用諸如深度神經網路 (deep neural network ; DNN)、卷積神經網路 (CNN) 或生成對抗網路中的至少一者的深度學習自訓練單元 610 對所述影像平移深度學習模型執行學習訓練。

【0093】 再次參考圖 15，異常偵測器 630 經由藉由深度學習應用單元 620 所產生的 SEM 影像偵測異常影像。將參考圖 18 描述異常偵測器 630 的操作。

【0094】 圖 18 為用於描述異常偵測單元的異常偵測器的操作的說明性方塊圖。

【0095】 參考圖 15 及圖 18，異常偵測器 630 經由藉由深度學習應用單元 620 所產生的 SEM 影像偵測異常影像。

【0096】 舉例而言，異常偵測器 630 可偵測產生缺陷的異常影像。

【0097】 圖 19 為用於描述根據一些實例實施例的異常偵測單元的操作的說明性流程圖。

【0098】 參考圖 15 及圖 19，在根據一些實例實施例的異常偵測單元 600 中，訓練單元 610 基於經由超解析度 SEM 影像實施裝置 100 接收到的超解析度 SEM 影像 SR\_S\_I 經由佈局影像及轉譯學習執行訓練（S200）。

【0099】 接著，深度學習應用單元 620 經由自訓練單元 610 對其執行學習訓練的佈局影像及基於 SEM 影像對其執行學習訓練的模型執行 SEM 影像轉譯（S210）。

【0100】 接著，異常偵測器 630 經由藉由深度學習應用單元 620 所產生的 SEM 影像偵測異常影像（S220）。

【0101】 根據一些實例實施例，藉由產生具有其中剪裁及放大影像的低解析度 CD-SEM 的影像，成像的周轉時間（TAT）可較少。此外藉由基於剪裁及放大影像產生超解析度，可改良影像的質量，且可改良經製造的半導體裝置的質量。

【0102】 上文所揭露的元件及/或功能區塊中的任一者可包含或實施於處理電路系統中，所述處理電路系統諸如：硬體，包含邏輯電路；硬體/軟體組合，諸如實行軟體的處理器；或其組合。舉例而言，更具體言之，處理電路系統可包含但不限於中央處理單元（CPU）、算術邏輯單元（arithmetic logic unit；ALU）、數位信號處理器、微電腦、場可程式化閘極陣列（field programmable gate array；FPGA）、系統晶片（System-on-Chip；SoC）、可程式化邏輯單元、微處理器、特殊應用積體電路（application-specific integrated circuit；ASIC）等。處理電路系統可包含諸如電晶體、

電阻器、電容器等中的至少一者的電組件。處理電路系統可包含諸如包含 AND 閘極、OR 閘極、NAND 閘極、NOT 閘極等中的至少一者的邏輯閘極的電組件。

**【0103】** 儘管上文已參考隨附圖式描述各種實例實施例，但所屬技術領域中具有通常知識者將理解，各種實施例不限於此且可在不脫離其技術想法或基本特徵的情況下以許多不同形式實施。因此，應理解，本文中所闡述的實例實施例在所有態樣中僅為實例而非限制性的。

#### **【符號說明】**

#### **【0104】**

10、12：超解析度 SEM 影像實施系統

100：超解析度 SEM 影像實施裝置

110：剪裁單元

112：緩衝器

120：放大單元

130：雜訊消除單元

132：編碼器

134：解碼器

140：合併單元

200：中央處理單元

300：圖形處理單元

400：神經處理單元

500：匯流排

600：異常偵測單元

610：訓練單元

620：深度學習應用單元

630：異常偵測器

B\_L：邊界線

C\_I 1：第一剪裁影像

C\_I 1'：第一-第一剪裁影像

C\_I 2：第二剪裁影像

C\_I 2'：第二-第一剪裁影像

C\_I 3：第三剪裁影像

C\_I 4：第四剪裁影像

C\_I 5：第五剪裁影像

C\_I 6：第六剪裁影像

C\_I 7：第七剪裁影像

C\_I 8：第八剪裁影像

C\_I 9：第九剪裁影像

C\_I 10：第十剪裁影像

C\_I 11：第十一剪裁影像

C\_I 12：第十二剪裁影像

C\_I 13：第十三剪裁影像

C\_I 14：第十四剪裁影像

C\_I 15：第十五剪裁影像

C\_I 16：第十六剪裁影像

GT\_I 1：第一地面實況影像

HR：水平範圍

HR1：第一水平範圍

HR2：第二水平範圍

HSP：水平起點

HSP 1：第一水平起點

HSP 2：第二水平起點

L1：第一長度

L2：第二長度

LR\_S\_I 1：第一低解析度 SEM 影像

LR\_S\_I N：第 N 低解析度 SEM 影像

N\_C\_I 1：第一雜訊消除影像

SR\_S\_I：第一超解析度 SEM 影像

S100、S110、S120、S130、S140、S150、S200、S210、S220：

#### 步驟

U\_I 1：第一放大影像

VR：豎直範圍

VSP：豎直起點

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種超解析度掃描電子顯微鏡（SEM）影像實施裝置，包括：

處理器，經組態以實行機器可讀指令以使得所述裝置剪裁低解析度掃描電子顯微鏡影像以產生第一剪裁影像及第二剪裁影像，

放大所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及

消除來自所述第一放大影像及所述第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

【請求項2】 如請求項 1 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，更包括：

緩衝器，經組態以儲存所述第一剪裁影像的剪裁的第一位置及所述第二剪裁影像的剪裁的第二位置。

【請求項3】 如請求項 1 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，其中所述處理器經組態以使得所述裝置，

基於對應於彼此接觸的所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像的邊界線，

產生第一-第一剪裁影像，所述第一-第一剪裁影像更包含相對於所述第一剪裁影像以第一長度自所述邊界線滲透至所述第二剪裁影像中的第一區域，以及

產生第二-第一剪裁影像，所述第二-第一剪裁影像更包含相對於所述第二剪裁影像以第二長度自所述邊界線滲透至所述第一剪裁影像中的第二區域。

【請求項4】 如請求項 3 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，其中所述處理器經組態以使得所述裝置放大所述第一-第一剪裁影像及所述第二-第一剪裁影像以產生第一-第一放大影像及第二-第一放大影像。

【請求項5】 如請求項 4 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，其中所述處理器經組態以使得所述裝置消除來自所述第一-第一放大影像及所述第二-第一放大影像的雜訊以產生第一-第一雜訊消除影像及第二-第一雜訊消除影像。

【請求項6】 如請求項 1 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，其中所述處理器經組態以使得所述裝置

對所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像執行卷積，

對已執行卷積的所述第一剪裁影像及已執行卷積的所述第二剪裁影像執行去卷積，以及

藉由將選擇性跳過連接應用至所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像以消除所述雜訊來產生所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像。

【請求項7】 如請求項 1 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，其中所述處理器進一步經組態以使得所述裝置將所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像彼此合併以產生超解析度掃描電子顯微鏡影像。

【請求項8】 一種超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法，包括：

藉由用處理器剪裁低解析度掃描電子顯微鏡影像來產生第一剪裁影像及第二剪裁影像；

藉由放大所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像來產生第一

放大影像及第二放大影像；以及

藉由消除來自所述第一放大影像及所述第二放大影像的雜訊來產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

**【請求項9】** 如請求項 8 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法，更包括：

將所述第一剪裁影像的剪裁的第一位置及所述第二剪裁影像的剪裁的第二位置儲存於緩衝器中。

**【請求項10】** 如請求項 8 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法，更包括：

藉由將所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像彼此合併來產生超解析度掃描電子顯微鏡影像。

**【請求項11】** 如請求項 8 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法，其中產生所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像包含：

藉由對所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像執行選擇性跳過連接以消除所述雜訊，藉由對所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像執行卷積，以及藉由對已執行卷積的所述第一剪裁影像及已執行卷積的所述第二剪裁影像執行去卷積來產生所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像。

**【請求項12】** 如請求項 8 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法，更包括：

基於對應於彼此接觸的所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像的邊界線，

產生第一-第一剪裁影像，所述第一-第一剪裁影像更包含相

對於所述第一剪裁影像以第一長度自所述邊界線滲透至所述第二剪裁影像中的第一區域，以及

產生第二-第一剪裁影像，所述第二-第一剪裁影像更包含相對於所述第二剪裁影像以第二長度自所述邊界線滲透至所述第一剪裁影像中的第二區域。

**【請求項13】**如請求項12所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施方法，更包括：

藉由放大所述第一-第一剪裁影像及所述第二-第一剪裁影像來產生第一-第一放大影像及第二-第一放大影像。

**【請求項14】**一種超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，包括：

中央處理單元；

匯流排，連接至所述中央處理單元；以及

超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置，經由所述匯流排與所述中央處理單元通信，

其中所述超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置經組態以剪裁低解析度掃描電子顯微鏡影像以產生第一剪裁影像及第二剪裁影像，

放大所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像以產生第一放大影像及第二放大影像，以及

消除來自所述第一放大影像及所述第二放大影像的雜訊以產生第一雜訊消除影像及第二雜訊消除影像。

**【請求項15】**如請求項14所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，其中所述超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置更包含：

緩衝器，經組態以儲存所述第一剪裁影像的剪裁的第一位置

及所述第二剪裁影像的剪裁的第二位置。

【請求項16】如請求項 14 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，其中超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置經組態以，

基於對應於彼此接觸的所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像的邊界線，

產生第一-第一剪裁影像，所述第一-第一剪裁影像更包含相對於所述第一剪裁影像以第一長度自所述邊界線滲透至所述第二剪裁影像中的第一區域，以及

產生第二-第一剪裁影像，所述第二-第一剪裁影像更包含相對於所述第二剪裁影像以第二長度自所述邊界線滲透至所述第一剪裁影像中的第二區域。

【請求項17】如請求項 16 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，其中超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置經組態以放大所述第一-第一剪裁影像及所述第二-第一剪裁影像以產生第一-第一放大影像及第二-第一放大影像。

【請求項18】如請求項 17 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，其中所述超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置經組態以消除來自所述第一-第一放大影像及所述第二-第一放大影像的雜訊以產生第一-第一雜訊消除影像及第二-第一雜訊消除影像。

【請求項19】如請求項 14 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，其中所述超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置經組態以，

對所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像執行卷積；以及

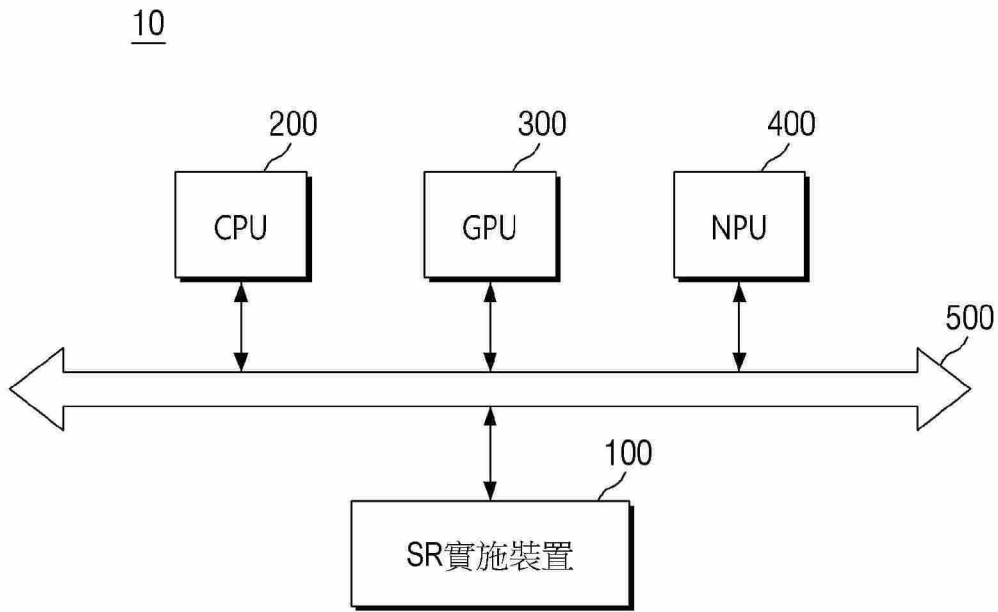
對已執行卷積的所述第一剪裁影像及已執行卷積的所述第二

剪裁影像執行去卷積，以及

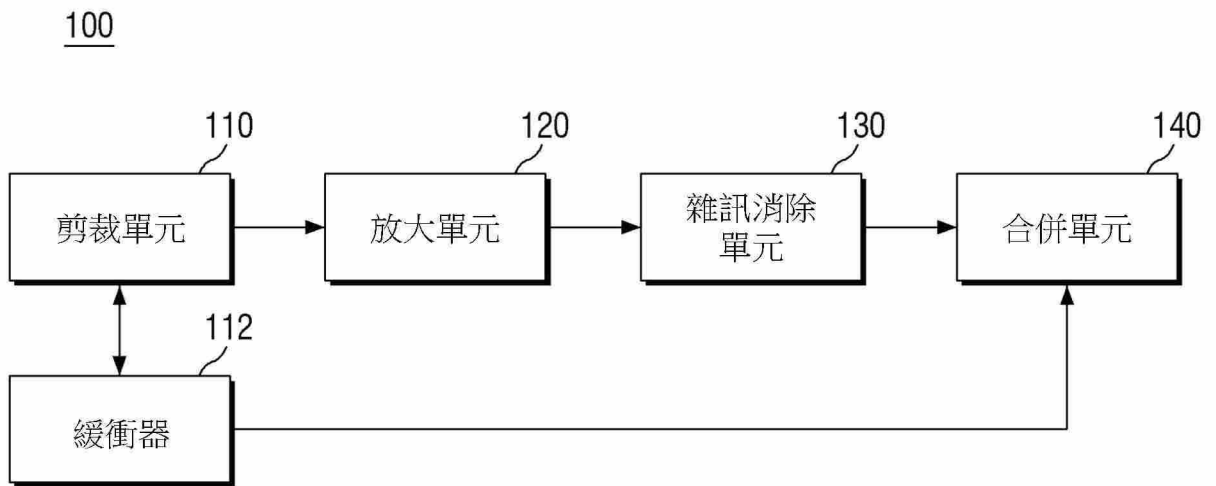
藉由對所述第一剪裁影像及所述第二剪裁影像執行選擇性跳過連接以消除所述雜訊來產生所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像。

**【請求項20】**如請求項 14 所述的超解析度掃描電子顯微鏡影像實施系統，其中所述超解析度掃描電子顯微鏡影像實施裝置經組態以將所述第一雜訊消除影像及所述第二雜訊消除影像彼此合併以產生超解析度掃描電子顯微鏡影像。

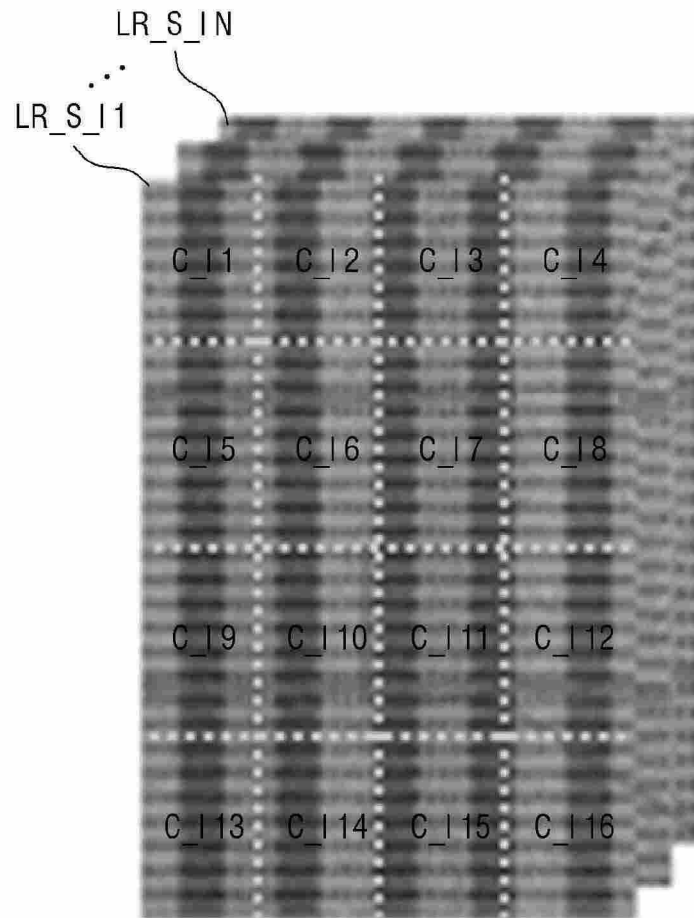
【發明圖式】



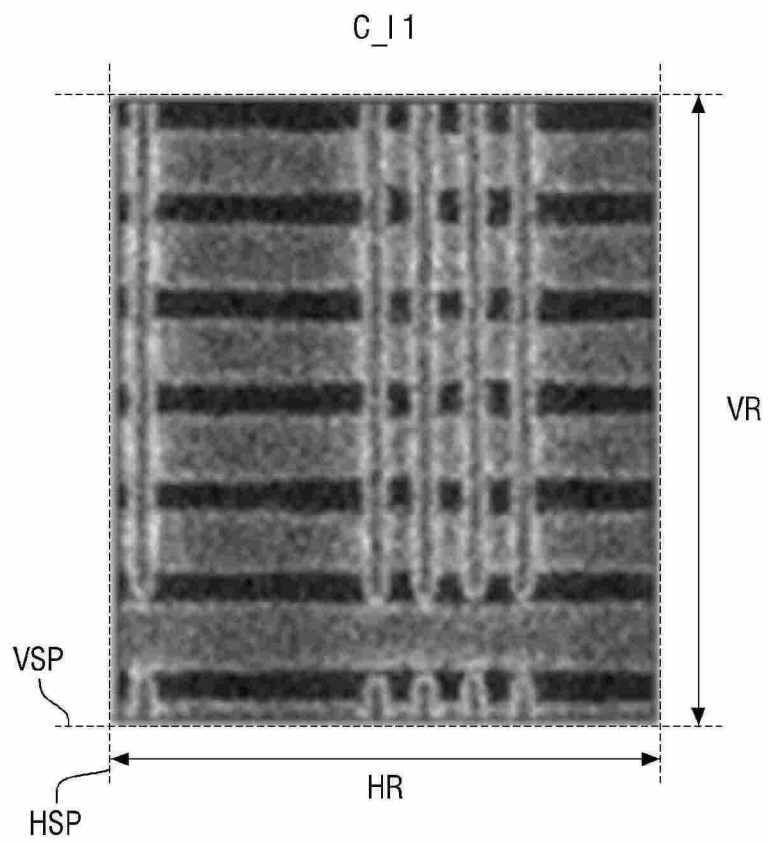
【圖1】



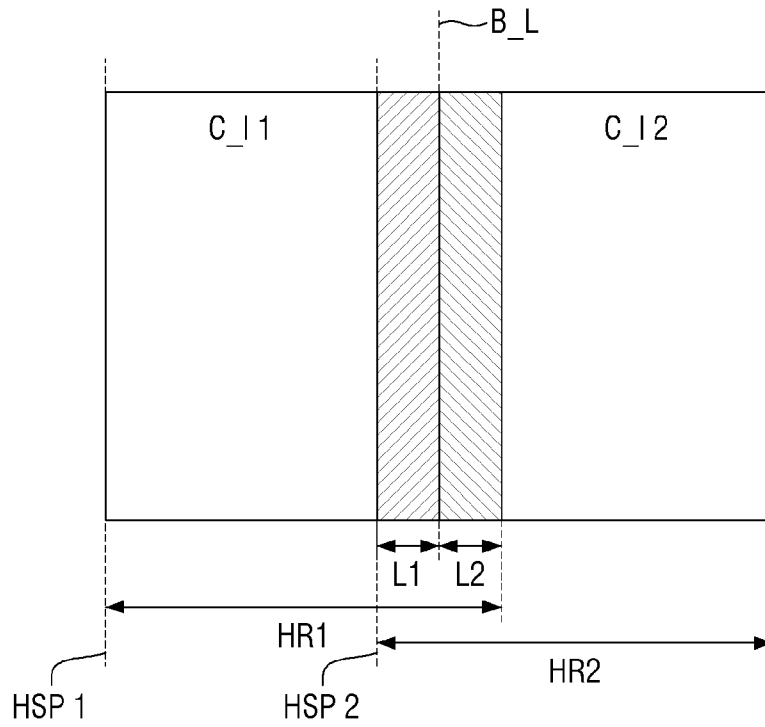
【圖2】



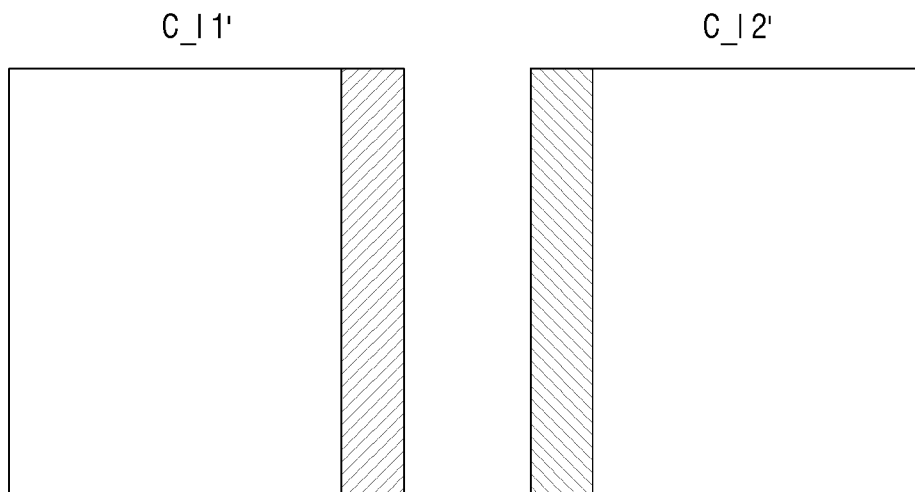
【圖3】



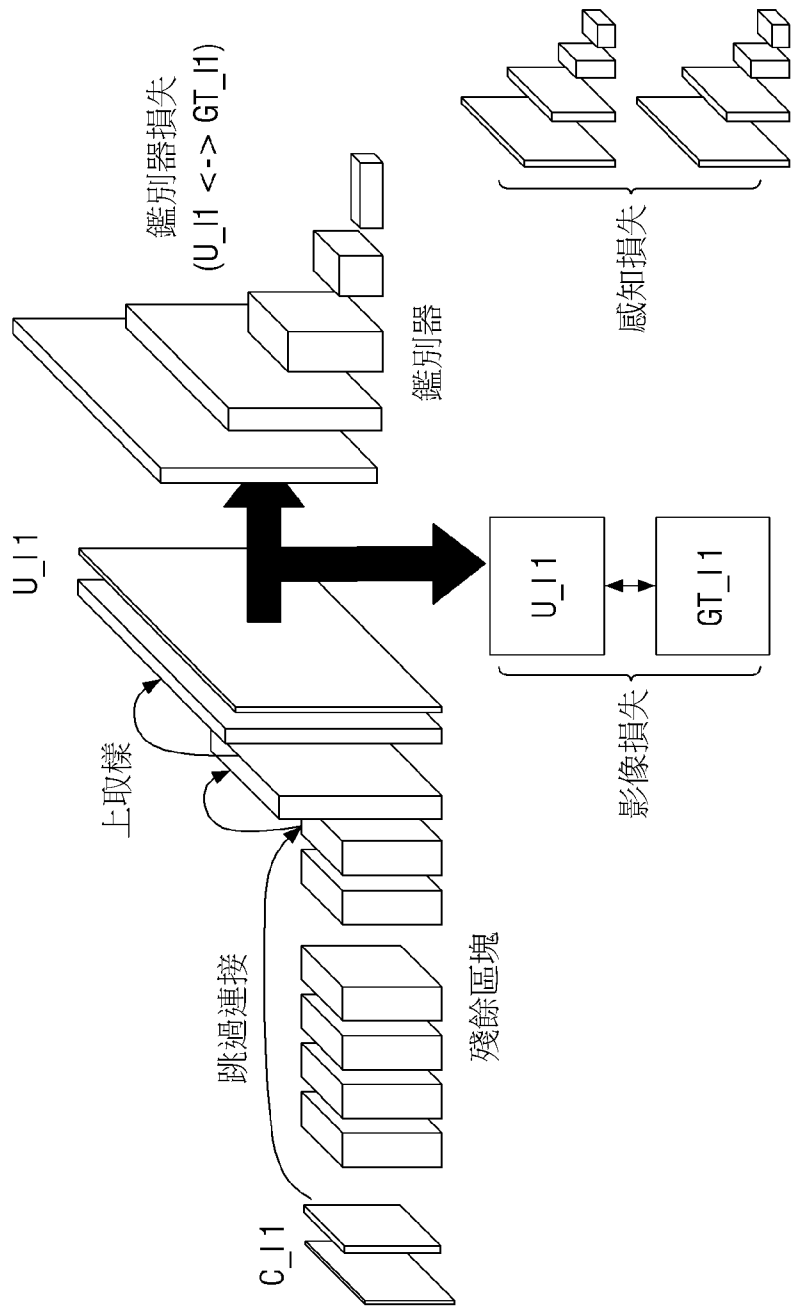
【圖4】



【圖5】

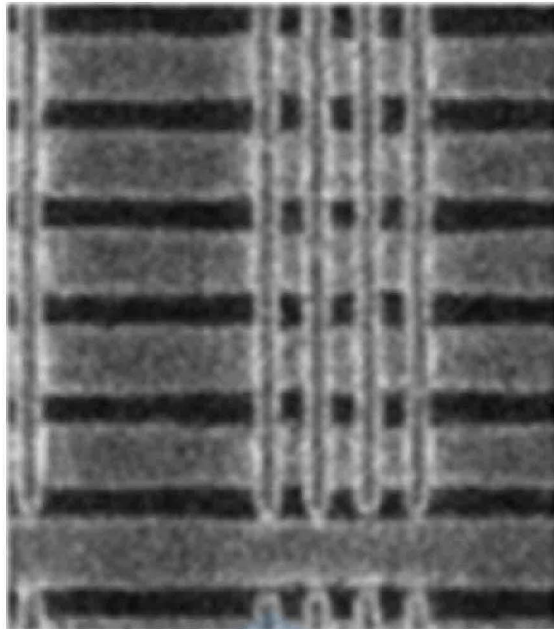


【圖6】

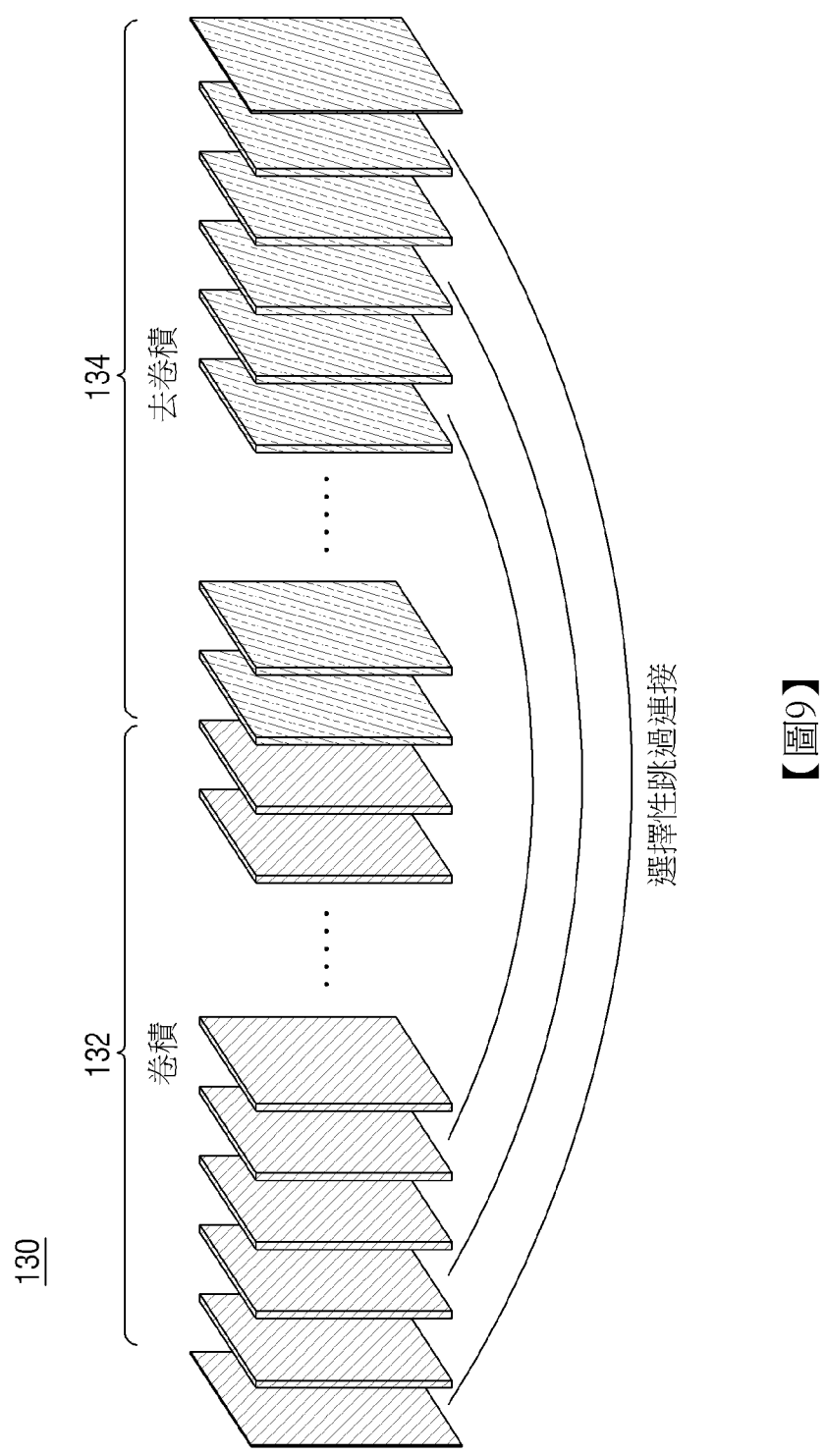


【圖7】

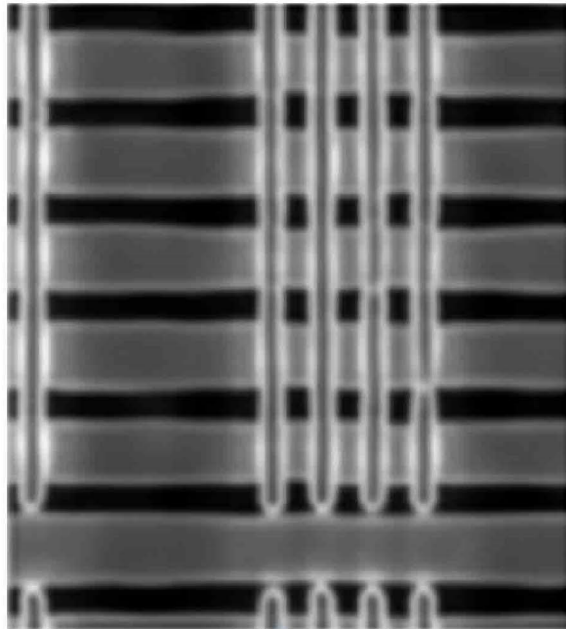
U\_11



【圖8】

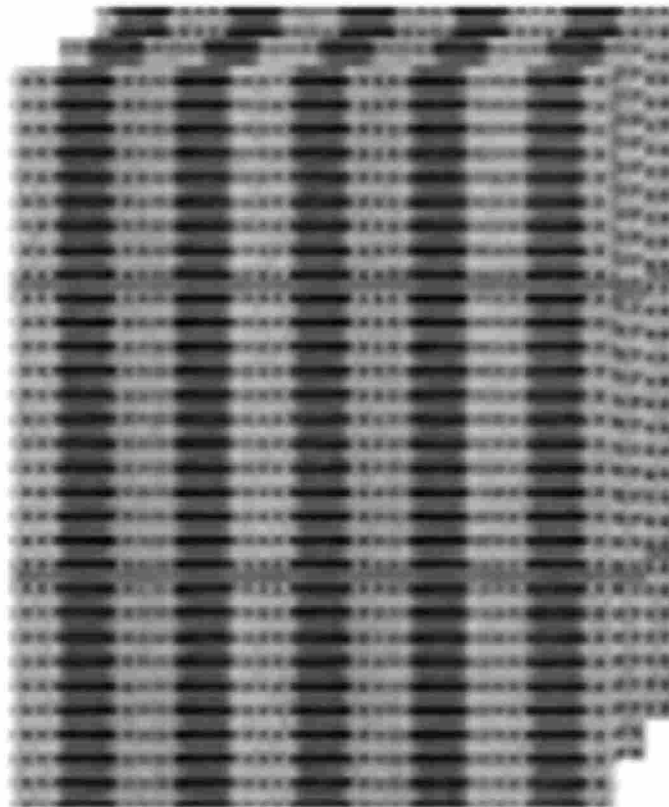


N\_C\_11

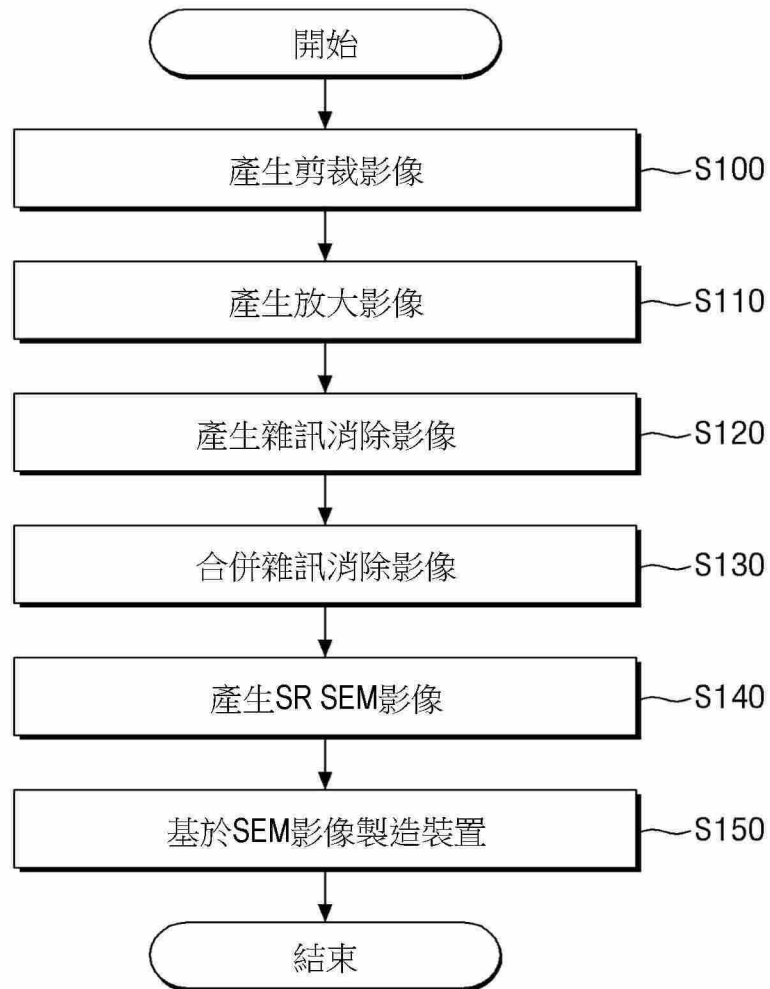


【圖10】

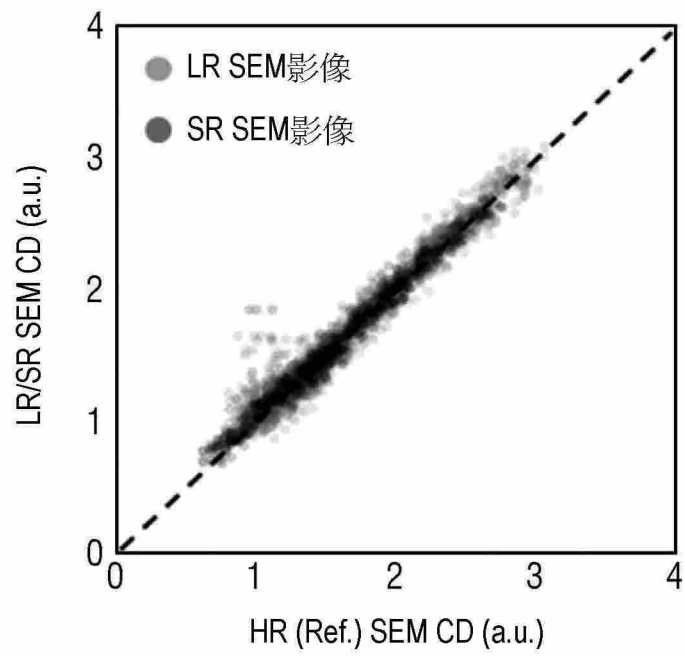
SR\_S\_I



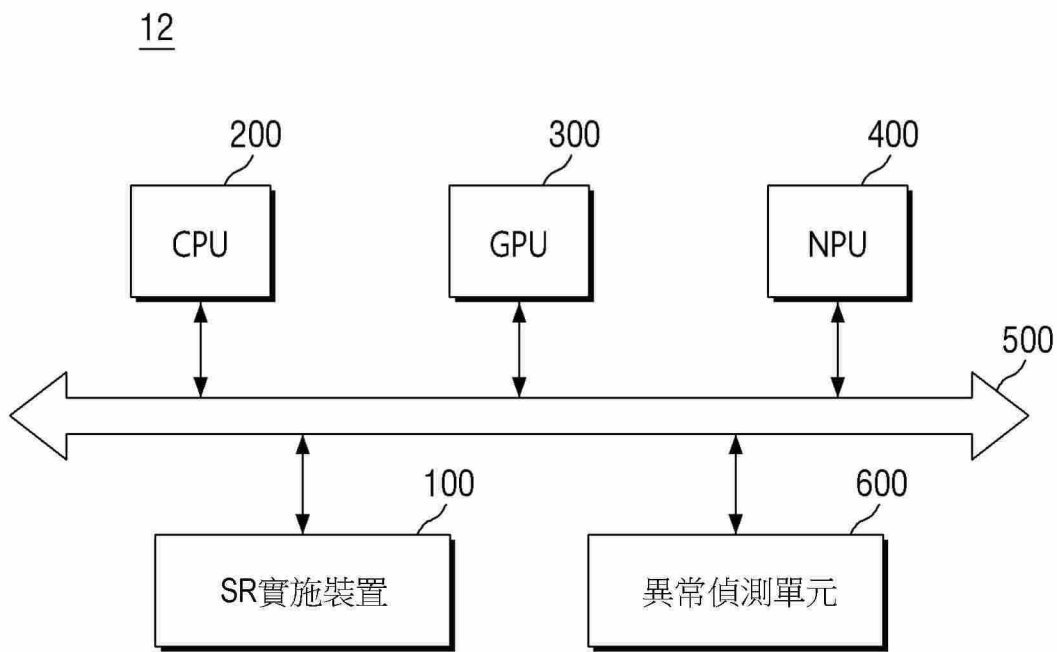
【圖11】



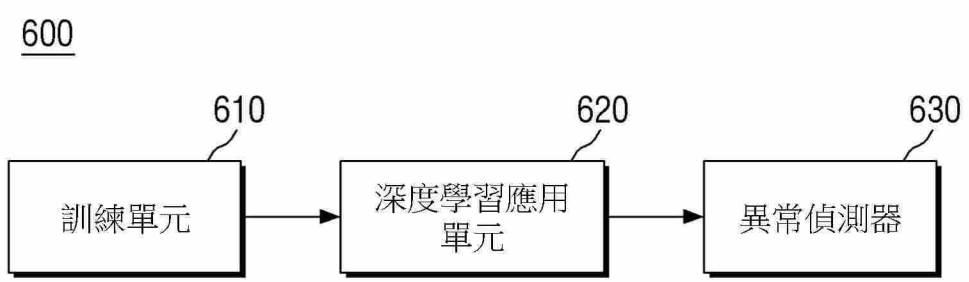
【圖12】



【圖13】

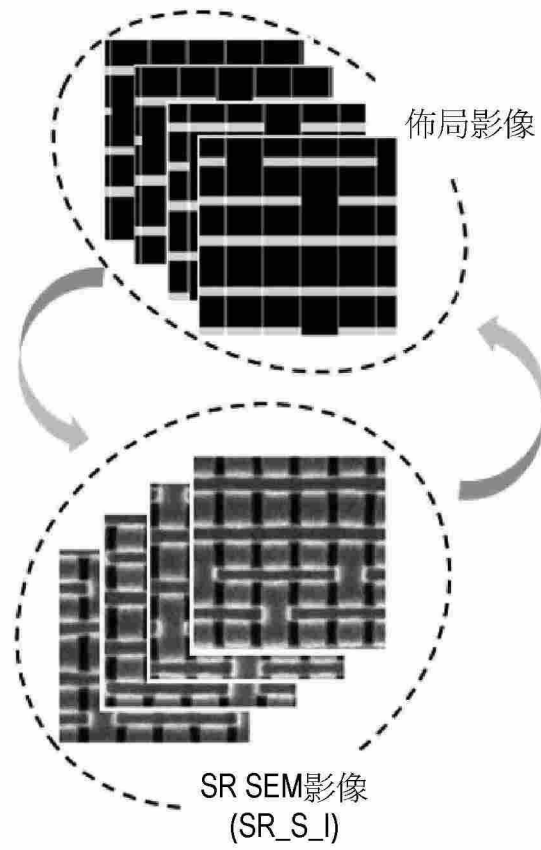


【圖14】

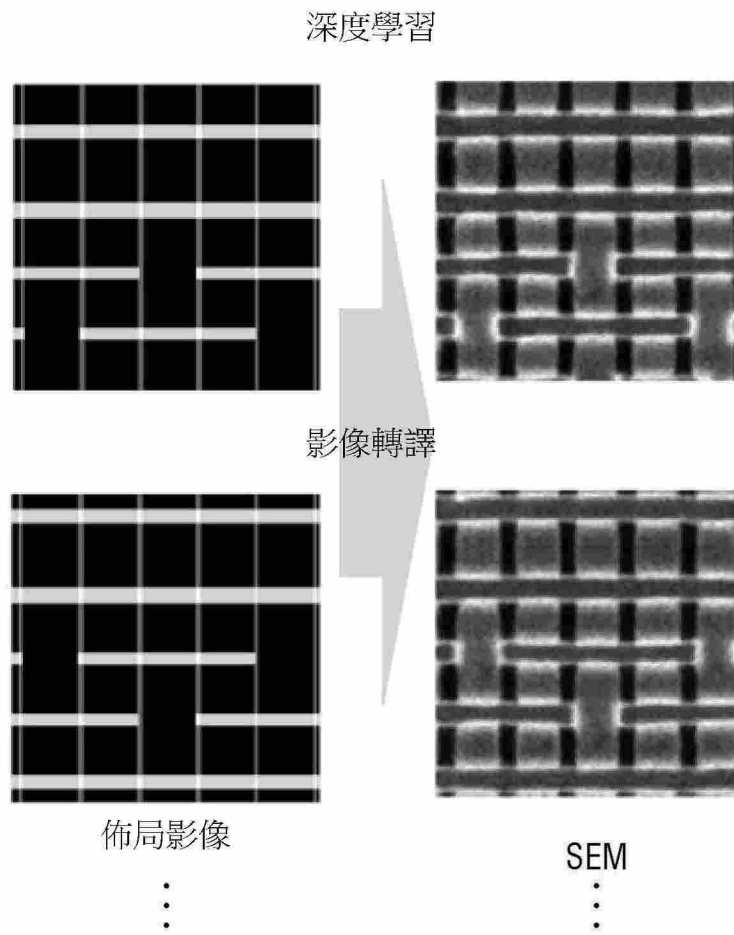


【圖15】

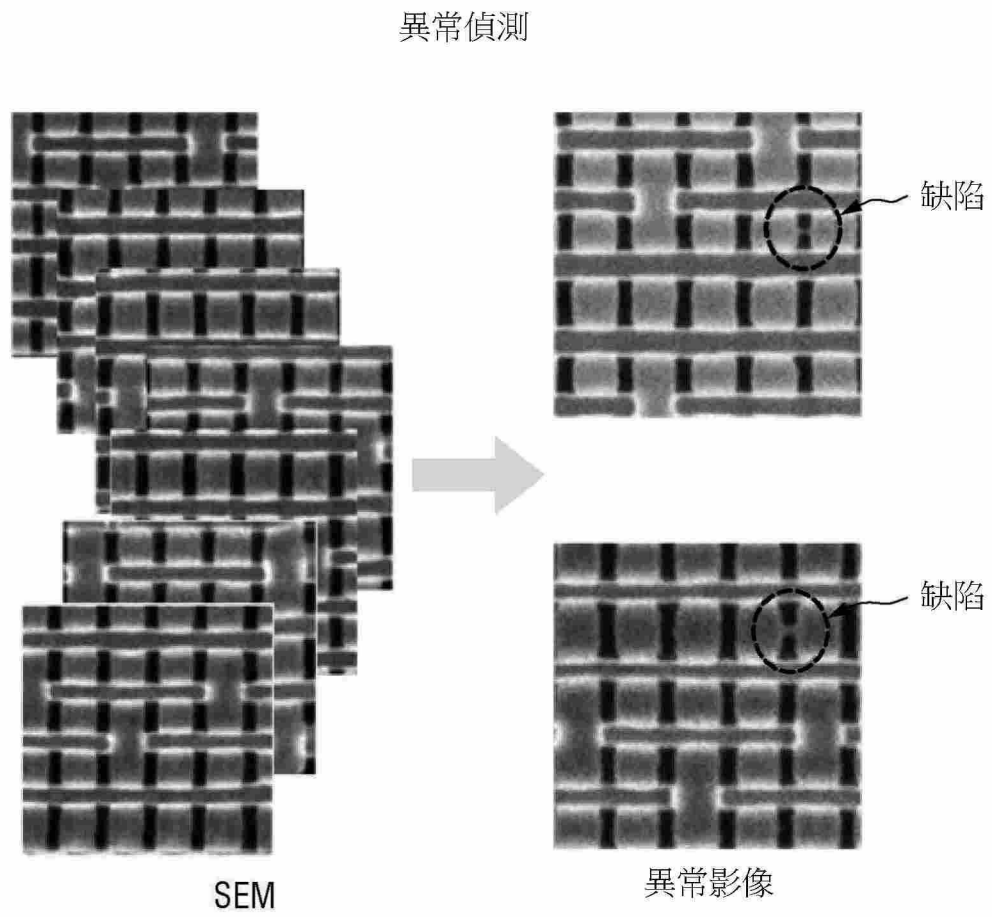
訓練



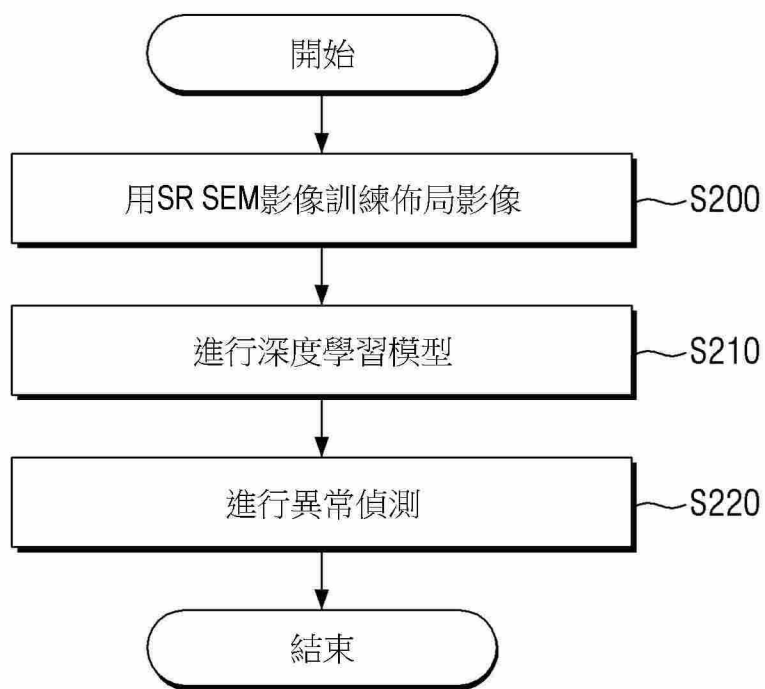
【圖16】



【圖17】



【圖18】



【圖19】