



(21)申請案號：106141411

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 28 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01)

(30)優先權：2016/11/29 中國大陸 201611073755.X

(71)申請人：大陸商上海微電子裝備（集團）股份有限公司（中國大陸）（CN）  
中國大陸

(72)發明人：李平欣 LI, PINGXIN (CN)；李蒙 LI, MENG (CN)；蔣志勇 JIANG, ZHIYONG (CN)；馬鵬川 MA, PENGCHUAN (CN)

(74)代理人：楊長峯

(56)參考文獻：

TW 200424800A

TW 200907604A

CN 101231475A

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：4 共 20 頁

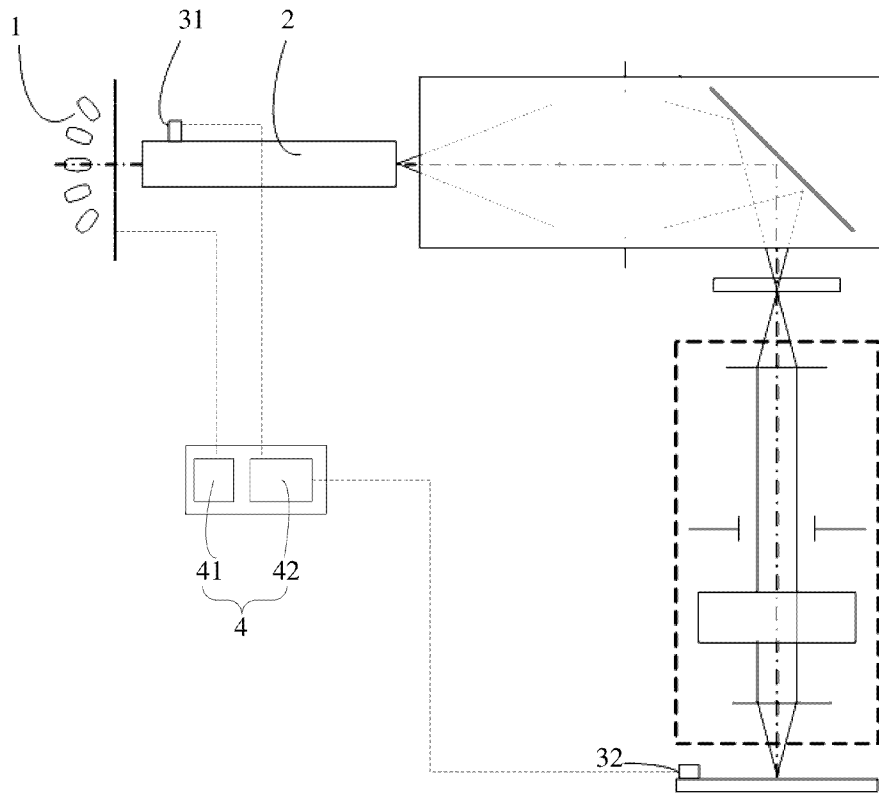
(54)名稱

光源曝光劑量控制系統及控制方法

(57)摘要

本發明公開了一種光源曝光劑量控制系統及控制方法，該系統包括 LED 光源、勻光單元、能量探測單元，以及分別與 LED 光源和能量探測單元連接的曝光劑量控制單元，能量探測單元包括與 LED 光源或勻光單元對應的能量探測器和與矽片對應的點能量感測器。通過使用能夠產生 UV 光線的 LED 光源代替習知的汞燈光源，避免出現汞燈破裂之後有害金屬蒸汽進入環境的風險，降低了系統的危險性，使系統更安全；通過曝光劑量控制單元控制 LED 光源，實現曝光系統的照度調整，同時對 LED 光源的開閉進行控制，實現高劑量精度的矽片曝光，無需設置可變衰減器和曝光快門，降低了系統複雜度和成本，提高系統可靠性。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1 . . . LED 光源

2 . . . 勻光單元

31 . . . 能量探測器

32 . . . 點能量感測器

4 . . . 曝光劑量控制單元

41 . . . LED 光源控制器

42 . . . 劑量控制板卡

第 3 圖

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】光源曝光劑量控制系統及控制方法

【技術領域】

【0001】本發明有關於光刻技術領域，具體是有關於一種光源曝光劑量控制系統及控制方法。

【先前技術】

【0002】半導體製造中的光刻技術就是利用光學系統把遮罩版上的圖形精確地投影曝光到塗過光刻膠的矽片上，為了在矽片上精確的再現遮罩圖形的特徵尺寸需要對曝光的劑量進行控制。

【0003】第1圖為一種習知的步進光刻機曝光系統，此種曝光系統所使用的光源是汞燈光源，整個光路主要包括汞燈光源100、橢球反射鏡101、反光鏡102、耦合鏡組103、曝光快門104、可變衰減器105、勻光單元106、能量探測器107、中繼鏡組108、中繼反射鏡109、投影物鏡110、點能量感測器111。其中汞燈100發出的光經過橢球反射鏡101和反射鏡102投射到燈室的外面形成一定的光錐，作為光源使用。從燈室投射出的光錐經過耦合鏡組103的耦合進入勻光單元106，勻光單元106為具有一定規格的石英棒，光線在石英棒中多次反射後在石英棒的出射端面形成均勻照明區域，所述均勻照明區域位於中繼鏡組108的物面，從而在中繼鏡組108的像面形成具有一定遠心及數值孔徑（NA）的均勻照明視場。

【0004】如第2圖所示為習知步進光刻機曝光系統的劑量控制系統，包括：汞燈控制器112、曝光快門104、可變衰減器105、能量探測器107、點能量感測器111、劑量控制板卡200。該劑量控制系統在使用過程中存在以下幾方面

缺點：一是汞燈光源的照度不可控，為了實現小劑量曝光，劑量控制系統只能增加可變衰減器來獲得所需要的照度，增加了系統複雜度和成本且由於可變衰減器是運動部件，因此降低了系統可靠性；二是汞燈光源工作條件要求高，點燈、暖燈時間長，不可以頻繁開關，為了控制矽片曝光，劑量控制系統只能增加曝光快門組件，增加了系統複雜度和成本且由於曝光快門是超頻繁運動部件，因此大大降低了系統可靠性；三是汞燈光源有一定的危險性。汞燈光源燈泡內充滿高壓汞蒸氣，如果使用不當發生洩露對環境及工作人員都有很大的危害。

#### 【發明內容】

【0005】 本發明提供了一種光源曝光劑量控制系統及控制方法，以解決習知技術中存在的系統複雜度和成本高、系統可靠性和安全性低的問題。

【0006】 為了解決上述技術問題，本發明的技術方案是：一種光源曝光劑量控制系統，包括：LED光源、勻光單元、能量探測單元，以及分別與LED光源和能量探測單元連接的曝光劑量控制單元，能量探測單元包括與LED光源或勻光單元對應的能量探測器和與矽片對應的點能量感測器。

【0007】 較佳地，曝光劑量控制單元包括相互連接的LED光源控制器和劑量控制板卡，LED光源控制器與LED光源連接，劑量控制板卡分別與能量探測器和點能量感測器連接。

【0008】 較佳地，劑量控制板卡中存有LED光源在不同光強下從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值的數據。

【0009】 較佳地，劑量控制板卡中存有LED光源的驅動電流和所產生光強之間的對應關係。

【0010】較佳地，LED光源為LED陣列光源，波長為465nm或435nm或365nm。

【0011】較佳地，勻光單元採用勻光石英棒。

【0012】本發明更提出一種上述光源曝光劑量控制系統的控制方法，包括以下步驟：S1：曝光劑量控制單元控制LED光源和能量探測器同時打開，使能量探測器探測LED光源的照度；S2：曝光劑量控制單元對矽片上實際的照度值進行採樣並積分計算矽片上的累計劑量值；S3：當LED光源的照度穩定之後，根據LED光源的光強獲取LED光源從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值；S4：當步驟S2中測得的矽片上的累計劑量值等於設定的劑量值減去步驟S3獲取的LED光源從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值時，曝光劑量控制單元關閉LED光源。

【0013】較佳地，控制方法更可包括：S5：當LED光源完全關閉後，曝光劑量控制單元關閉能量探測器，計算此時矽片上的累計劑量值以及與設定劑量值之間的劑量控制誤差；S6：曝光劑量控制單元根據劑量控制誤差控制LED光源的光強。

【0014】較佳地，步驟S1中更包括對點能量感測器進行校準，以及採用校準後的點能量感測器對能量探測器進行標定。

【0015】較佳地，步驟S2中，曝光劑量控制單元採樣的矽片上實際的照度值根據如下公式計算獲得：

$$I_{ESS} = Gain * I_{ED} + Offset = I_{wafer}$$

其中， $I_{ED}$  代表能量探測器的照度測量值； $I_{ESS}$  代表點能量感測器的照度測量值； $Gain$  和  $Offset$  值代表比例係數和偏移量； $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值。

【0016】較佳地，步驟S2中，矽片上的累計劑量值  $D_{get}$  的計算公式為：

$$D_{get} = \int_0^t I_{wafer} \cdot tdt = \int_0^t (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt$$

其中， $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值， $t$  為時間。

【0017】較佳地，步驟S5中，將設定劑量值  $D_{set}$  表示為：

$$D_{set} = \int_0^{t_{close}} (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt + D_{close}$$

LED 光源完全關閉後矽片上的累計劑量值  $D_{get}$  的計算公式為：

$$D_{get} = \int_0^t I_{wafer} \cdot tdt = \int_0^{t_{close}} (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt + \int_{t_{close}}^t (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt$$

$$\text{則劑量控制誤差 } D = |D_{set} - D_{get}|$$

其中， $t_{close}$  為 LED 光源關閉的時刻， $D_{close}$  為步驟 S3 中獲得的累計劑量值， $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值， $|\cdot|$  為絕對值運算。

【0018】較佳地，步驟S3中，從劑量控制板卡中獲取LED光源在照度穩定後的光強下從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值。

【0019】較佳地，步驟S6中，劑量控制板卡根據劑量控制誤差控制LED光源控制器根據LED光源的驅動電流和所產生光強之間的對應關係控制LED光源的光強。

**【0020】** 本發明提供的光源曝光劑量控制系統及控制方法，該系統包括LED光源、勻光單元、能量探測單元，以及分別與LED光源和能量探測單元連接的曝光劑量控制單元，能量探測單元包括與LED光源或勻光單元對應的能量探測器和與矽片對應的點能量感測器。通過使用能夠產生UV光線的LED光源代替習知的汞燈光源，避免出現汞燈破裂之後有害金屬蒸氣進入環境的風險，降低了系統的危險性，使系統更安全；通過曝光劑量控制單元控制LED光源，實現曝光系統的照度調整，同時對LED光源的開閉進行控制，實現高劑量精度的矽片曝光，無需設置可變衰減器和曝光快門，降低了系統複雜度和成本，提高系統可靠性。

#### **【圖式簡單說明】**

**【0021】** 第1圖是習知步進光刻機曝光系統的結構示意圖。

第2圖是習知步進光刻機曝光系統的劑量控制系統。

第3圖是本發明光源曝光劑量控制系統的結構示意圖。

第4圖是本發明LED光源從打開至完全熄滅的照度曲線圖。

#### **【實施方式】**

**【0022】** 下面結合附圖對本發明作詳細描述：

**【0023】** 如第3圖所示，本發明提供了一種光源曝光劑量控制系統，包括：LED光源1、勻光單元2、能量探測單元以及分別與所述LED光源1和能量探測單元連接的曝光劑量控制單元4，所述能量探測單元包括與所述LED光源1或勻光單元2對應的能量探測器31和與矽片對應的點能量感測器（Energy Spot Sensor）32，即用於測量單點能量的感測器。通過能量探測器31對LED光源1的照度進行探測，通過點能量感測器32對能量探測器31進行標定，建立兩者之間的對應關

係，通過曝光劑量控制單元4計算矽片上的累計劑量值並根據其與設定的曝光劑量之間的劑量控制誤差對LED光源1的強度和開閉進行控制，從而實現高劑量精度的矽片曝光，無需設置可變衰減器和曝光快門，降低了系統複雜度和成本，提高系統可靠性。

**【0024】** 請繼續參照第3圖，所述曝光劑量控制單元4包括相互連接的LED光源控制器41和劑量控制板卡42，所述LED光源控制器41與所述LED光源1連接，所述劑量控制板卡42分別與所述能量探測器31和點能量感測器32連接。劑量控制板卡42對矽片上實際的照度測量值以設定的頻率進行採樣並積分計算矽片上的累計劑量值，需要說明的是，點能量感測器32經過標定後測量到的光強用於代表矽片上的光強，但由於點能量感測器32安裝在工件臺上，相對矽片是靜止的，所以點能量感測器32實際上無法測量每張矽片上每一個視場的光強值，因此需要在劑量控制時根據點能量感測器32與能量探測器31之間的標定關係，將能量探測器31測得的照度轉換成點能量感測器32的照度測量值，作為矽片上實際的照度值。

**【0025】** 較佳地，所述劑量控制板卡42中存有所述LED光源1在不同光強下從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值的數據。由於LED光源1打開到光強穩定和關閉到完全熄滅需要一定的時間，在關閉的過程中光強在變化且會在矽片上累計一定的劑量，因此本實施例方案中需先對LED光源1在不同的光強下關閉到完全熄滅的過程中矽片上的累計劑量值進行測試，形成一組數據並存儲在劑量控制板卡42中，在劑量控制過程中根據當前曝光使用的光強查找相應的累計劑量值數據，當測得的矽片上的累計劑量值等於設定的劑量值減去查找出的LED光源關閉過程中的累計劑量值時，通過曝光劑量控制單元4關閉LED光源；

此外，所述劑量控制板卡42中存有LED光源1的驅動電流和所產生光強之間的對應關係，劑量控制板卡42根據劑量控制誤差控制LED光源控制器41根據LED光源1的驅動電流和所產生光強之間的對應關係控制LED光源1的光強，從而實現高劑量精度的矽片曝光。

【0026】 較佳地，所述LED光源1為LED陣列光源，波長為465nm或435nm或365nm，一個控制系統中可設有一個或多個LED陣列光源。

【0027】 較佳地，所述勻光單元2採用勻光石英棒。

【0028】 本發明更提供上述光源曝光劑量控制系統的控制方法，包括以下步驟：

【0029】 S1：所述曝光劑量控制單元4控制所述LED光源1和能量探測器31同時打開，使所述能量探測器31探測所述LED光源1的照度。在能量探測器31開始探測LED光源1的照度之前更需對點能量感測器32進行校準（點能量感測器的校準為習知感測器校準方式，在此不在贅述），並採用校準後的點能量感測器32對能量探測器31進行標定，建立能量探測器31與點能量感測器32之間的關係。由於點能量感測器32經過校準後測量到的光強用於代表矽片上的光強，但由於點能量感測器32安裝在工件臺上，相對矽片是靜止的，所以點能量感測器32無法測量每張矽片上每一個視場的光強值，因此更需標定點能量感測器32與能量探測器31之間的關係，使得能夠將能量探測器31測得的照度轉換成點能量感測器32的照度測量值，作為矽片上實際的照度值。本實施例中，能量探測器31與點能量感測器32使用同一類感測器，且兩者各自的光學器件恒定，即包括勻光單元、中繼鏡組、中繼反射鏡、投影物鏡，則透過率恒定不變，則有：

$$I_{ESS} = Gain * I_{ED} + Offset = I_{wafer}$$

其中， $I_{ED}$  代表能量探測器 31 的照度測量值； $I_{ESS}$  代表點能量感測器 32 的照度測量值； $Gain$  和  $Offset$  值代表比例係數和偏移量，採用上述公式，用能量探測器 31 和點能量感測器 32 同時測量兩種不同的照度，並得到測量值，即可求出  $Gain$  和  $Offset$ ； $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度值。

【0030】 S2：所述曝光劑量控制單元4對矽片上實際的照度值進行採樣並積分計算矽片上的累計劑量值；所述矽片上的累計劑量值  $D_{get}$  的計算公式為：

$$D_{get} = \int_0^t I_{wafer} \cdot tdt = \int_0^t (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt$$

其中， $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值， $t$  為時間。

【0031】 S3：當LED光源1的照度穩定之後，根據當前LED光源1使用的光強獲取LED光源1關閉過程中的累計劑量值；具體的，所述劑量控制板卡42中存有所述LED光源1在不同光強下從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值的數據，由於LED光源1打開到光強穩定和關閉到完全熄滅需要一定的時間，在關閉的過程中光強在變化且會在矽片上累計一定的劑量，因此本實施例方案中需先對LED光源1在不同的光強下關閉到完全熄滅的過程中矽片上的累計劑量值進行測試，形成一組數據並存儲在劑量控制板卡42中，在劑量控制過程中根據穩定之後的照度從該組數據中查找對應的LED光源1關閉過程中的累計劑量值。

【0032】 S4：當步驟S2中測得的矽片上的累計劑量值等於設定劑量值減去步驟S3中獲取的LED光源1關閉過程中的累計劑量值時，曝光劑量控制單元4關閉LED光源1；LED光源1從打開到光強穩定和關閉到完全熄滅的過程如第4圖所示，包括光源打開到光強穩定過程a、恒光強過程b和光源關閉到完全熄滅過程c；可知在LED光源關閉的過程中光強在變化且會在矽片上累計一定的劑量，若等

測得的矽片上的累計劑量值等於設定劑量值時才關閉LED光源1，勢必會導致矽片的曝光過度，因此需在測得的矽片上的累計劑量值等於設定劑量值減去步驟S3中獲取的LED光源1關閉過程中的累計劑量值時，關閉LED光源1，以保證曝光精度。

【0033】 S5：當LED光源1完全關閉後，曝光劑量控制單元4關閉能量探測器31，計算此時矽片上的累計劑量值以及與設定劑量值之間的劑量控制誤差；

具體的，設定劑量值  $D_{set}$  為：

$$D_{set} = \int_0^{t_{close}} (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt + D_{close}$$

LED 光源 1 完全關閉後矽片上的累計劑量值  $D_{get}$  的計算公式為：

$$D_{get} = \int_0^t I_{wafer} \cdot tdt = \int_0^{t_{close}} (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt + \int_{t_{close}}^t (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt$$

$$\text{劑量控制誤差 } D = |D_{set} - D_{get}|$$

其中， $t_{close}$  為 LED 光源關閉的時刻， $D_{close}$  為步驟 S3 中獲得的 LED 光源 1 關閉過程中的累計劑量值， $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值， $|\cdot|$  為絕對值運算。

【0034】 S6：所述曝光劑量控制單元4根據所述劑量控制誤差D控制LED光源1的光強，具體的，所述劑量控制板卡42中存有LED光源1的驅動電流和所產生光強之間的對應關係，該數據列表可根據一定的時間策略進行自動更新；劑量控制板卡42根據劑量控制誤差D控制LED光源控制器41根據LED光源1的驅動電流和所產生光強之間的對應關係控制LED光源1的光強，從而實現矽片的高精度曝光。

【0035】 綜上所述，本發明提供的光源曝光劑量控制系統及控制方法，該系統包括LED光源1、勻光單元2、能量探測單元以及分別與所述LED光源1和能量探測單元連接的曝光劑量控制單元4，所述能量探測單元包括與所述LED光源1或勻光單元2對應的能量探測器31和與矽片對應的點能量感測器32。通過使用能夠產生UV光線的LED光源1代替習知的汞燈光源，避免出現汞燈破裂之後有害金屬蒸氣進入環境的風險，降低了系統的危險性，使系統更安全；通過曝光劑量控制單元4控制LED光源1，實現曝光系統的照度調整，同時對LED光源1的開閉進行控制，實現高劑量精度的矽片曝光，無需設置可變衰減器和曝光快門，降低了系統複雜度和成本，提高系統可靠性。

【0036】 雖然說明書中對本發明的實施方式進行了說明，但這些實施方式只是作為提示，不應限定本發明的保護範圍。在不脫離本發明宗旨的範圍內進行各種省略、置換和變更均應包含在本發明的保護範圍內。

#### 【符號說明】

【0037】 1：LED光源

100：汞燈光源

101：橢球反射鏡

102：反光鏡

103：耦合鏡組

104：曝光快門

105：可變衰減器

106、2：勻光單元

107、31：能量探測器

108：中繼鏡組

109：中繼反射鏡

110：投影物鏡

111、32：點能量感測器

112：汞燈控制器

200、42：劑量控制板卡

4：曝光劑量控制單元

41：LED光源控制器



# 公告本

申請日：106年11月28日

IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)

I660248

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】光源曝光劑量控制系統及控制方法

【中文】

本發明公開了一種光源曝光劑量控制系統及控制方法，該系統包括 LED 光源、勻光單元、能量探測單元，以及分別與 LED 光源和能量探測單元連接的曝光劑量控制單元，能量探測單元包括與 LED 光源或勻光單元對應的能量探測器和與矽片對應的點能量感測器。通過使用能夠產生 UV 光線的 LED 光源代替習知的汞燈光源，避免出現汞燈破裂之後有害金屬蒸汽進入環境的風險，降低了系統的危險性，使系統更安全；通過曝光劑量控制單元控制 LED 光源，實現曝光系統的照度調整，同時對 LED 光源的開閉進行控制，實現高劑量精度的矽片曝光，無需設置可變衰減器和曝光快門，降低了系統複雜度和成本，提高系統可靠性。

【指定代表圖】 第(3)圖

【代表圖之符號簡單說明】

1：LED光源

2：勻光單元

31：能量探測器

32：點能量感測器

4：曝光劑量控制單元

41：LED光源控制器

42：劑量控制板卡

【特徵化學式】

無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種光源曝光劑量控制系統的控制方法，其包括下列步驟：

S1：一曝光劑量控制單元控制一 LED 光源和一能量探測器同時打開，使該能量探測器探測該 LED 光源的照度；

S2：該曝光劑量控制單元對矽片上實際的照度值進行採樣並積分計算矽片上的累計劑量值；

S3：當該 LED 光源的照度穩定之後，根據該 LED 光源的光強獲取該 LED 光源從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值；  
以及

S4：當步驟 S2 中測得的矽片上的累計劑量值等於設定的劑量值減去該步驟 S3 獲取的該 LED 光源從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值時，該曝光劑量控制單元關閉該 LED 光源。

【第2項】 如申請專利範圍第 1 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制方法，其更包括下列步驟：

S5：當該 LED 光源完全關閉後，該曝光劑量控制單元關閉該能量探測器，計算此時矽片上的累計劑量值以及與設定劑量值之間的劑量控制誤差；以及

S6：該曝光劑量控制單元根據該劑量控制誤差控制該 LED 光源的光強。

【第3項】 如申請專利範圍第 1 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制方法，其中該步驟 S1 中更包括對一點能量感測器進行校準，以及採用校準後的該點能量感測器對該能量探測器進行標

定。

- 【第4項】如申請專利範圍第 3 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制方法，其中該步驟 S2 中，該曝光劑量控制單元採樣的矽片上實際的照度值根據如下公式計算獲得：

$$I_{ESS} = Gain * I_{ED} + Offset = I_{wafer}$$

其中， $I_{ED}$  代表該能量探測器的照度測量值； $I_{ESS}$  代表該點能量感測器的照度測量值； $Gain$  和  $Offset$  值代表比例係數和偏移量； $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值。

- 【第5項】如申請專利範圍第 4 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制方法，其中該步驟 S2 中，矽片上的累計劑量值  $D^{get}$  的計算公式為：

$$D_{get} = \int_0^t I_{wafer} \cdot tdt = \int_0^t (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt$$

其中， $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值， $t$  為時間。

- 【第6項】如申請專利範圍第 4 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制方法，其中該步驟 S5 中，將設定劑量值  $D^{set}$  表示為：

$$D_{set} = \int_0^{t_{close}} (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt + D_{close}$$

該 LED 光源完全關閉後矽片上的累計劑量值  $D_{get}$  的計算公式為：

$$D_{get} = \int_0^t I_{wafer} \cdot tdt = \int_0^{t_{close}} (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt + \int_{t_{close}}^t (Gain * I_{ED} + Offset) \cdot tdt$$

則劑量控制誤差  $D = |D_{set} - D_{get}|$

其中， $t_{close}$  為該 LED 光源關閉的時刻， $D_{close}$  為步驟 S3 中獲得的累計劑量值， $I_{wafer}$  代表矽片上實際的照度測量值， $|\cdot|$  為絕對值運算。

- 【第7項】如申請專利範圍第 1 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制

方法，其中該步驟 S3 中，從一劑量控制板卡中獲取該 LED 光源在照度穩定後的光強下從關閉到完全熄滅過程中的累計劑量值。

**【第8項】** 如申請專利範圍第 2 項所述之光源曝光劑量控制系統的控制方法，其中該步驟 S6 中，該劑量控制板卡根據劑量控制誤差控制一 LED 光源控制器根據該 LED 光源的驅動電流和所產生光強之間的對應關係控制該 LED 光源的光強。