



(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 201224482 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100142815

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 23 日

(51)Int. Cl. : G01R31/28 (2006.01)

H02M3/00 (2006.01)

H02M3/137 (2006.01)

H02M3/139 (2006.01)

(30)優先權：2010/12/09 日本

2010-274560

(71)申請人：愛德萬測試股份有限公司 (日本) ADVANTEST CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：清水貴彥 SHIMIZU, TAKAHIKO (JP) ; 出川勝彥 DEGAWA, KATSUHIKO (JP)

(74)代理人：詹銘文；葉璟宗

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：10 共 42 頁

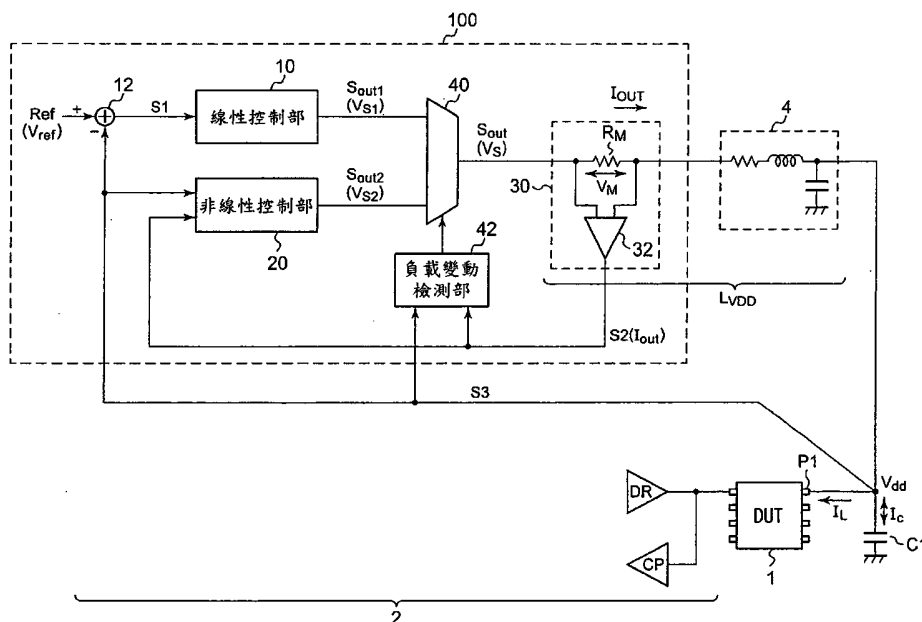
(54)名稱

電源裝置、其控制方法以及使用該裝置、方法之測試裝置

POWER APPARATUS, CONTROL METHOD OF THE POWER APPARATUS, AND TEST APPARATUS USING THE SAME

(57)摘要

一種電源裝置，能夠向半導體元件穩定地供給電源。於 DUT 1 的電源端子上連接有負載電容 C_L 。電流檢測部 30 檢測從電源裝置 100 輸出的輸出電流 I_{out} 。非線性控制部 20 使在第 1 期間對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量、與在第 2 期間對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制非線性控制部 20 的輸出量 S_{out2} ，其中，第 1 期間是從流入 DUT 1 的電源端子的負載電流 I_L 發生變動的第 1 時序開始、直至負載電流 I_L 與輸出電流 I_{out} 為一致的第 2 時序為止，第 2 期間是從第 2 時序開始、直至控制結束的第 3 時序為止。



1 : DUT

2 : 測試裝置

4 : 寄生參數

10 : 線性控制部

12 : 減算器

20 : 非線性控制部

30 : 電流檢測部

32 : 放大器

40 : 選擇器

42 : 負載變動檢測部

100 : 電源裝置

C1 : 電容器

CP : 比較器

DR : 驅動器

I_L ：負載電流

I_{out} ：輸出電流

S1：差分信號

S2：輸出電流檢測信號

S3：電壓檢測信號

Vdd：輸出電壓



(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 201224482 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100142815

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 23 日

(51)Int. Cl. : G01R31/28 (2006.01)

H02M3/00 (2006.01)

H02M3/137 (2006.01)

H02M3/139 (2006.01)

(30)優先權：2010/12/09 日本

2010-274560

(71)申請人：愛德萬測試股份有限公司 (日本) ADVANTEST CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：清水貴彥 SHIMIZU, TAKAHIKO (JP)；出川勝彥 DEGAWA, KATSUHIKO (JP)

(74)代理人：詹銘文；葉璟宗

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：10 共 42 頁

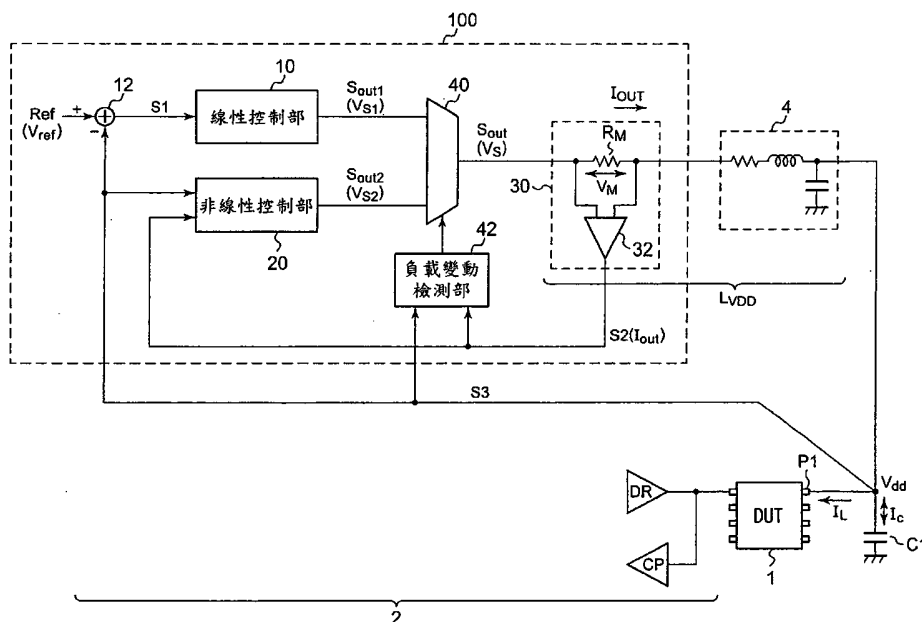
(54)名稱

電源裝置、其控制方法以及使用該裝置、方法之測試裝置

POWER APPARATUS, CONTROL METHOD OF THE POWER APPARATUS, AND TEST APPARATUS USING THE SAME

(57)摘要

一種電源裝置，能夠向半導體元件穩定地供給電源。於 DUT 1 的電源端子上連接有負載電容 C_L 。電流檢測部 30 檢測從電源裝置 100 輸出的輸出電流 I_{out} 。非線性控制部 20 使在第 1 期間對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量、與在第 2 期間對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制非線性控制部 20 的輸出量 S_{out2} ，其中，第 1 期間是從流入 DUT 1 的電源端子的負載電流 I_L 發生變動的第 1 時序開始、直至負載電流 I_L 與輸出電流 I_{out} 為一致的第 2 時序為止，第 2 期間是從第 2 時序開始、直至控制結束的第 3 時序為止。



1 : DUT

2 : 測試裝置

4 : 寄生參數

10 : 線性控制部

12 : 減算器

20 : 非線性控制部

30 : 電流檢測部

32 : 放大器

40 : 選擇器

42 : 負載變動檢測部

100 : 電源裝置

C1 : 電容器

CP : 比較器

DR : 驅動器

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種向半導體元件供給電力的電源裝置。

【先前技術】

測試裝置具備：向被測試元件（Device Under Test，DUT）供給電源電壓或者電源電流（以下稱為電源電壓 Vdd）的電源裝置。圖 1 是模式性表示以往電源裝置的方塊圖。電源裝置 1100 包含：電源輸出部 1026、及控制電源輸出部 1026 的頻率控制器（以下稱為控制器）1024。例如，電源輸出部 1026 是運算放大器（緩衝器）、DC/DC 轉換器或線性調整器（linear regulator）、或者恆定電流源，且生成應供給至 DUT 1 的電源電壓或者電源電流（輸出信號 OUT）。

於緊靠 DUT 1 的電源端子之處、設有解耦合電容器（decoupling capacitor）C1，且電源裝置 1100 的輸出端子與 DUT 1 的電源端子之間是經由纜線（cable）而連接。電源裝置 1100 的控制對象並非電源輸出部 1026 的輸出信號 OUT，而是實際上施加給 DUT 1 的電源端子的電源電壓 Vdd。以往的控制器 1024 是以經回饋（feedback）的觀測值（控制對象）與既定的參照值（基準值）的差分值變成零的方式，而輸出控制值。作為觀測值，例示有：和供給至 DUT 1 的電源電壓或電源電流等相應的回饋信號。例如，圖 1 中以減算器的符號（symbol）表示的電路單元 1022

是誤差放大器（演算放大器），將觀測值與基準值的誤差進行放大。類比（analog）的控制器 1024 以誤差為零的方式生成控制值。電源輸出部 1026 的狀態是根據控制值而進行回饋控制，其結果是：作為控制對象的電源電壓 Vdd 穩定為目標值。對控制對象 1010 進行控制時，應考慮的參數（parameter）是：模式性表示為寄生參數 1030。寄生參數 1030 中包含：電源纜線或電源裝置 1100 內部的寄生電阻、寄生電容、寄生電感等。

先行技術文獻

專利文獻

專利文獻 1：日本專利特表 2004-529400 號公報

專利文獻 2：日本專利第 2526859 號公報

專利文獻 3：日本專利特開平 5-313760 號公報

專利文獻 4：日本專利特開平 2-123986 號公報

專利文獻 5：日本專利特開平 9-178820 號公報

以往，控制器 1024 是使用類比電路而構成。因此，存在該控制器的綜合性能由構成該控制器的類比元件的性能而固定這一問題。另外，控制對象 1010 包含：負載電流變動、或周邊解耦合電容器 C1 的影響。除此以外，於亦考慮寄生參數 1030 的影響而設計控制器 1024 的情形時，會導致複雜且零件個數變多。

【發明內容】

本發明是鑑於上述問題研究而成者，其一形態的例示目的之一在於：提供一種電源裝置，能夠向半導體元件穩

定地供給電源。

本發明的一形態是有關於一種電源裝置，經由電源線向電源端子連接有電容器的半導體元件供給電力。該電源裝置包括：電流檢測部，檢測自電源裝置輸出的輸出電流；以及非線性控制部，使在第1期間對上述電容器進行充放電的電荷量、與在第2期間對上述電容器進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制上述非線性控制部的輸出量，其中，上述第1期間是自流入上述半導體元件的電源端子的負載電流發生變動的第1時序開始、直至上述負載電流與上述輸出電流為一致的第2時序為止，上述第2期間是自上述第2時序開始、直至控制結束的第3時序為止。

根據該形態，適當地計算電容器的放電電荷量及充電電荷量，以第1期間的放電電荷量（充電電荷量）、與第2期間的放電電荷量（充電電荷量）為一致的方式，來控制輸出量。藉此，可以抑制電源電壓的變動量、或者縮短變動量的穩定化時間。或者，可以有意圖地控制電源電壓的變動量或穩定化時間。

再一形態的電源裝置亦可更包括：線性控制部，以電源端子的電源電壓與既定的基準電壓為一致的方式，來控制線性控制部的輸出量；負載變動檢測部，檢測負載的變動；以及選擇器（selector），接受線性控制部的輸出量與非線性控制部的輸出量，而選擇和負載變動檢測部的檢測結果相應的一方、並自控制端子輸出。

根據該形態，藉由根據負載狀態而切換線性控制與非

線性控制，可以進一步穩定電源電壓。

本發明的其他形態是一種測試裝置。該測試裝置包括：對被測試元件供給電源的上述任一形態的電源裝置。

再者，以上構成單元的任意組合、或於方法、裝置、系統等之間相互置換本發明的構成單元或表現而成者亦可有效作為本發明的形態。

[發明之效果]

根據本發明的一形態，可以提供一種電源裝置，能夠向半導體元件穩定地供給電源。

【實施方式】

以下，基於較佳的實施形態，一面參照圖式一面說明本發明。對於各圖式所示的相同或同等的構成單元、構件、處理附加了相同符號，並適當省略重複的說明。而且，實施形態為例示而非限定發明者。實施形態所描述的全體特徵及其組合並非必須為發明的本質內容。

本說明書中，所謂「構件 A 為與構件 B 連接的狀態」，除了包含構件 A 與構件 B 物理性直接連接的情形以外，亦包含構件 A 與構件 B 經由不對電性連接狀態造成影響的其他構件而間接連接的情形。

同樣地，所謂「構件 C 為設於構件 A 與構件 B 之間的狀態」，除了包含構件 A 與構件 C、或者構件 B 與構件 C 直接連接的情形以外，亦包含經由不對電性連接狀態造成影響的其他構件而間接連接的情形。

圖 2 是表示具備實施形態的電源裝置 100 的測試裝置

2 的方塊圖。測試裝置 2 向 DUT 1 提供信號，將來自 DUT 1 的信號與期望值進行對比，而判定 DUT 1 的良否及不良部位。

測試裝置 2 包含：驅動器 DR、比較器（comparator）（時序比較器）CP、以及電源裝置 100 等。驅動器 DR 對 DUT 1 輸出測試信號。該測試信號是藉由未圖示的時序發生器 TG、圖案產生器 PG 及波形整形器 FC（均未圖示）等而生成，且被輸入至驅動器 DR。DUT 1 輸出的信號被輸入至比較器 CP。比較器 CP 將來自 DUT 1 的信號與既定的閾值進行比較，且以適當的時序鎖存（latch）比較結果。比較器 CP 的輸出與其期望值進行比較。以上為測試裝置 2 的概要。

以下，詳細說明實施形態的電源裝置 100。電源裝置 100 經由電源線 L_{VDD} 而與 DUT 1 的電源端子 P1 連接。於緊靠 DUT 1 的電源端子 P1 之處、連接有旁路電容器（bypass condenser）（電容器 C1）。還有，將圖 2 的電容器 C1 及電源線 L_{VDD} 的寄生電容、電源端子 P1 與基板間的電容等的合成電容統稱為負載電容 C_L 。再者，於實施形態的電源裝置 100 的控制中，是以該負載電容 C_L 的值已知作為前提，故預先藉由實測、或者模擬等而求出其值。而且，將提供給電源端子 P1 的電壓稱為電源電壓 V_{dd} 。寄生參數 4 與圖 1 的說明同樣地，是模式性表示控制輸出量 V_s 時應考慮的參數。即，寄生參數 4 於實際的電路中不會作為明示的單元存在。

電源裝置 100 包含：線性控制部 10、加算器 12、非線性控制部 20、電流檢測部 30、選擇器 40、以及負載變動檢測部 42。電源裝置 100 可由類比電路構成，亦可由數位電路構成，或者還可由這些電路的混合體（hybrid）所構成。

電源裝置 100 根據負載狀態而控制其輸出量 S_{out} 。輸出量 S_{out} 表示：輸出電壓 V_S 與輸出電流 I_{out} 的任一者、或者兩者。該電源裝置 100 為可切換成線性控制模式 ϕ_L 、與非線性控制模式 ϕ_{NL} 的結構。選擇器 40 於線性控制模式 ϕ_L 下，選擇線性控制部 10 的輸出量 S_{out1} （輸出電壓 V_{S1} ）；於非線性控制模式 ϕ_{NL} 下，選擇非線性控制部 20 的輸出量 S_{out2} （輸出電壓 V_{S2} ），並且，將所選擇的一方作為輸出量 S_{out} （輸出電壓 V_S ）而輸出。負載變動檢測部 42 基於電源電壓 V_{dd} 、或以電源裝置 100 供給至 DUT 1 的輸出電流 I_{out} 、或電源電壓 V_{dd} 為首的表示 DUT1 狀態的信號，來控制選擇器 40，且對於線性控制模式 ϕ_L 與非線性控制模式 ϕ_{NL} 進行切換。

1. 線性控制模式 ϕ_L

於線性控制模式 ϕ_L 下，主要是藉由加算器 12 及線性控制部 10 而控制輸出電壓 V_{S1} 。加算器 12 生成表示電源電壓 V_{dd} 與其目標值 V_{ref} 的差分的差分信號 $S1$ 。線性控制部 10 藉由以往的線性控制，以差分信號 $S1$ 表示的差分為零、即電源電壓 V_{dd} 與目標值 V_{ref} 一致的方式，而控制其輸出電壓 V_{S1} （輸出量）。於線性控制部 10 由數位電路構

成的情形時，進行 PI 控制、PID 控制。於線性控制部 10 由類比電路構成的情形時，可以誤差放大器（演算放大器）構成加算器 12，以線性調整器、開關調節器（DC/DC 轉換器）構成線性控制部 10。

2. 非線性控制模式 ϕ_{NL}

於非線性控制模式 ϕ_{NL} 下，主要是藉由非線性控制部 20 及電流檢測部 30 而控制輸出電壓 V_{S2} 。

電流檢測部 30 檢測從電源裝置 100 輸出至 DUT 1 的輸出電流 I_{out} 。例如，電流檢測部 30 包含：設於輸出電流 I_{out} 的路徑上的檢測電阻 R_M 、及放大且檢測出檢測電阻 R_M 產生的電壓降 V_M 的放大器 32。電流檢測部 30 輸出：表示輸出電流 I_{out} 的輸出電流檢測信號 $S2$ 。

非線性控制部 20 接受表示電源電壓 V_{dd} 的電壓檢測信號 $S3$ 、及表示輸出電流 I_{out} 的輸出電流檢測信號 $S2$ ，並根據這些信號來控制其輸出量 S_{out2} 。非線性控制部 20 的動作是分為第 1 期間 $\tau 1$ 、和第 2 期間 $\tau 2$ 來進行說明。

圖 3 是表示利用圖 2 的非線性控制部 20 進行非線性控制模式 ϕ_{NL} 的動作的波形圖。第 1 期間 $\tau 1$ 是：從流入 DUT 1 的電源端子 P1 的負載電流 I_L 發生變動的第 1 時序 t_0 開始，直至負載電流 I_L 與輸出電流 I_{out} 為一致的第 2 時序 t_{res} 為止的期間。第 2 期間 $\tau 2$ 是：從第 2 時序 t_{res} 開始，直至控制結束的第 3 時序 t_{end} 為止的期間。

於時刻 t_0 以前為固定狀態，藉由線性控制模式 ϕ_L 而使輸出電壓 V_s 穩定化。此處， $t < t_0$ 時，負載電流 I_L 及輸

出電流 I_{out} 為零。時刻 t_0 時，負載自零急劇地增加至某一位準 (level) 為止。至此，轉向非線性控制部 20 的非線性控制模式 ϕ_{NL} 。

於第 1 期間 τ_1 內， $I_L > I_{out}$ 成立。因此，不足的電流 $I_C = (I_L - I_{out})$ 自負載電容 C_L 供給至 DUT 1 的電源端子。即，電容器 C_L 藉由充放電電流 $I_C = I_L - I_{out}$ 而放電。第 1 期間 τ_1 內，附有陰影線的面積表示放電電荷量 $Q_{discharge}$ 。藉由第 1 期間 τ_1 的負載電容 C_L 的放電，電源電壓 V_{dd} 比固定狀態下降了 ΔV 。

第 2 時序 t_{res} 之後， $I_L < I_{out}$ 。如此，負載電容 C_L 藉由電流 $I_C = I_{out} - I_L$ 而充電，電源電壓 V_{dd} 開始增加。對於第 2 期間 τ_2 的充電電荷量 Q_{charge} 附加陰影線。

非線性控制部 20 以於第 1 期間 τ_1 對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量 $Q_{discharge}$ 、與於第 2 期間 τ_2 對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量 Q_{charge} 為平衡 (一致) 的方式，來控制其輸出量 S_{out} 、即輸出電壓 V_{S2} 及輸出電流 I_{out} 。

於負載電流 I_L 、輸出電流 I_{out} 、放電電荷量 $Q_{discharge}$ 、充電電荷量 Q_{charge} 之間，成立有式 (1)、(2) 的關係式。而且，藉由以式 (3) 成立的方式來控制輸出量 S_{out} ，電源電壓 V_{dd} 返回至目標電壓 V_{ref} 。

[數學式 1]

$$Q_{\text{discharge}} = \int_{t_0}^{t_{\text{res}}} (I_L - I_{\text{out}}(t)) dt = I_L(t_{\text{res}} - t_0) - \int_{t_0}^{t_{\text{res}}} I_{\text{out}}(t) dt \quad \cdots (1)$$

$$Q_{\text{charge}}' = \int_{t_{\text{res}}}^{t_{\text{end}}} (I_{\text{out}}(t) - I_L) dt = \int_{t_{\text{res}}}^{t_{\text{end}}} I_{\text{out}}(t) dt - I_L(t_{\text{end}} - t_{\text{res}}) \quad \cdots (2)$$

$$Q_{\text{discharge}} = Q_{\text{charge}} = C_L \Delta V \quad \cdots (3)$$

藉由非線性控制部 20 的非線性控制，時刻 t_{end} 的電源電壓 V_{dd} 與基準電壓 V_{ref} 成為一致。若負載為固定狀態，則自非線性控制切換為線性控制。

還有，於本實施形態中，著眼於負載電流 I_L 自某一位準急劇增加的情形，而進行說明。

若於發生急劇的負載變動的情形時、繼續進行線性控制，則受到回饋的應答速度的制約，電源電壓 V_{dd} 恢復至目標電壓 V_{ref} 為止的時間變長，且其落差（drop）量 ΔV 變大。另一方面，根據圖 2 的電源裝置 100，當發生急劇的負載變動時，藉由進行基於電荷量的非線性控制，可以縮短使電源電壓 V_{dd} 恢復至原本的穩定位準為止的時間。再者，關於進行線性控制與非線性控制時的落差量 ΔV 及恢復時間（穩定化時間）的比較，於下文敘述。

繼而，說明非線性控制部 20 的具體處理及構成例。

圖 4 是表示圖 2 的電源裝置 100 的具體構成例的方塊圖。圖 4 表示電源裝置 100 由數位電路構成的情形。

A/D 轉換器 34、58 分別將類比的輸出電流檢測信號 S2、電壓檢測信號 S3 轉換為數位。非線性控制部 20 包含：

負載電流演算部 22、電荷量演算部 24、輸出量演算部 26、以及 D/A 轉換器 28。D/A 轉換器 28 將輸出量演算部 26 的數位的輸出量 S_{out2} 轉換為類比的輸出量 S_{out2} 。D/A 轉換器 28 既可為電壓 DAC，亦可為電流 DAC。於前者的情形時，輸出量 S_{out2} 成為輸出電壓 V_S ；於後者的情形時，輸出量 S_{out2} 成為輸出電流 I_{out} 。

負載電流演算部 22 計算流入 DUT 1 的電源端子 P1 的負載電流 I_L ，且生成表示此電流的負載電流檢測信號 S4。電荷量演算部 24 計算對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量 Q ，且生成表示此電荷量的電荷量檢測信號 S5。輸出量演算部 26 基於負載電流檢測信號 S4 表示的負載電流 I_L 及電荷量檢測信號 S5 表示的電荷量 Q ，以第 1 期間 τ_1 的電荷量、與第 2 期間 τ_2 的電荷量為平衡的方式，而計算輸出量 S_{out2} 。

負載電流演算部 22 藉由在電源電壓 V_{dd} 的微分值 dV_{dd}/dt 上乘以負載電容 C_L 的電容值，而生成表示對負載電容 C_L 的充放電電流 I_C 的充放電電流檢測信號 S6。如上所述，充放電電流 I_C 是負載電流 I_L 與輸出電流 I_{out} 的差分。而且，負載電流演算部 22 藉由自輸出電流 I_{out} (S2) 減去充放電電流 I_C (S6)，而生成表示負載電流 I_L 的負載電流檢測信號 S4。

負載電流演算部 22 亦可包含：乘算器 50，於電壓檢測信號 S3 上乘以係數 C_L/dt ；延遲電路 52，使乘算器 50 的輸出延遲 1 取樣時間；加算器 54，算出乘算器 50 的輸

出與延遲電路 52 的輸出的差分；以及，減算器 56，自輸出電流檢測信號 S2 中減去加算器 54 的輸出。dt 表示 1 取樣時間。

電荷量演算部 24 藉由使負載電流 I_L 與輸出電流 I_{out} 的差分、即充放電電流 I_C 積分，而算出電荷量 Q 。電荷量演算部 24 亦可包含：加算器 60，藉由自負載電流檢測信號 S4 中減去輸出電流檢測信號 S2，而算出充放電電流檢測信號 S6'；以及，積分器 62，藉由使加算器 60 的輸出積分，而生成電荷量檢測信號 S5。再者，亦可省略加算器 60，而向積分器 62 輸入作為加算器 54 的輸出的充放電電流檢測信號 S6。

繼而，說明輸出量演算部 26 的具體處理。

圖 5 是圖 2 的電源裝置 100 的狀態遷移圖。圖 6 是表示圖 2 的電源裝置 100 的第 1 控制的時序圖。

於圖 5 中，s-0 表示線性控制模式 ϕ_L ，s-1~s-4 表示非線性控制模式 ϕ_{NL} 。當負載為固定狀態時，設定為線性控制模式 ϕ_L ，於狀態 s-0 下進行線性控制。若產生負載變動，並由負載變動檢測部 42 檢測出變動，則遷移至狀態 s-1。以下例示負載變動檢測部 42 的負載變動的檢測條件。

1.基於差分信號 S1 ($V_{ref}-V_{dd}$) 的檢測

當目標電壓 V_{ref} 與電源電壓 V_{dd} 的差分超過既定的閾值 V_{th} 時，負載變動檢測部 42 亦可判定發生負載變動。

2.基於輸出電流檢測信號 S2 (I_{out}) 的檢測

負載變動檢測部 42 於輸出電流 I_{out} 超過某一閾值 I_{th}

時，亦可判定發生負載變動。

3.基於充放電電流檢測信號 $S6$ (I_C) 的檢測

負載變動檢測部 42 於充放電電流 I_C 實質上採取非零值時，或者其絕對值超過某一閾值時，亦可判定發生負載變動。

4.基於負載電流檢測信號 $S4$ (負載電流 I_L) 的時間變化率 (dI_L/dt) 的檢測

負載變動檢測部 42 於負載電流 I_L 的時間變化率 (微分值) 實質上為非零值時，或者微分值的絕對值超過某一閾值時，亦可判定發生負載變動。

5.基於負載電流檢測信號 $S4$ (負載電流 I_L) 的檢測

負載變動檢測部 42 於負載電流 I_L 超過某一閾值時，亦可判定發生負載變動。

即，負載變動檢測部 42 藉由某種方法檢測負載的急劇變動 (自固定狀態向過渡狀態的變化) 便可。

自發生負載變動開始，直至由負載變動檢測部 42 檢測出變動而開始非線性控制為止的時序 t_{start} ，會發生某種延遲。該延遲期間內，進行線性控制部 10 的線性控制。於狀態 $s-1$ 下，作為非線性控制的前處理，在延遲期間內計算自負載電容 C_L 放電的初期電荷量 Q_0 。

若線性控制的應答速度遲緩，則可假定從時刻 t_0 至時刻 t_{start} 的輸出電流 I_{out} 為零。當延遲時間 T_{delay} 以負載的採樣時間 T_S 作為單位、且以 N_{delay} 週期來提供時，初期電荷量 Q_0 可以根據式 (4) 來計算。延遲週期數 N_{delay} 既可使

用預先設定的值，亦可根據電源電壓 V_{dd} 的斜率及時刻 t_{start} 的電源電壓 V_{dd} 的值來推斷。

[數學式 2]

$$Q_0 = \int_{t_0}^{t_{start}} (I_L - I_{out}(t)) dt \cong I_L \cdot t_{start} \cong I_L \cdot N_{delay} \cdot T_s \quad \cdots (4)$$

或者，亦可更詳細地計算初期電荷量 Q_0 ，而不使用該近似式。而且，於延遲時間 T_{delay} 足夠短的情形時，可以省略初期電荷量 Q_0 的計算。

接著，遷移至狀態 s-2，進行相當於上述第 1 期間 $\tau 1$ 的處理。於本實施形態中，第 1 期間 $\tau 1$ 的長度 T_{res} 是作為信號處理的週期數 N_{res} 而預先規定。於第 1 期間 $\tau 1$ ($T_{res} = T_s \times N_{res}$)，以第 1 期間 $\tau 1$ 的長度 T_{res} 成為既定值的方式，換言之，以控制開始經過 N_{res} 週期後、輸出電流 I_{out} 與負載電流 I_L 為一致的方式，來控制輸出量 S_{out} 。

輸出量演算部 26 於第 1 期間 $\tau 1$ 中，以輸出電流 I_{out} 單調變化（以固定斜率 α 變化）的方式，來控制輸出量 S_{out} 。若時刻 t_{start} 的輸出電流 I_{out} 近似零，則輸出電流 I_{out} 的斜率 α 以 $I_L/T_{res} = I_L/(t_{res} - t_{start})$ 來提供。

即，第 1 期間 $\tau 1$ 的輸出電流 I_{out} 以

$$I_{out}(t) = I_L/T_{res} \times (t - t_{start}) \quad \cdots (5)$$

來提供。若於時間方向上離散化，則輸出電流 I_{out} 的

斜率 α 以 $I_L / (T_S \times N_{res})$ 來提供。

於狀態 s-2 的第 k 個週期，式 (6)、(7) 成立。

$$t = t_{start} + k \times T_s \cdots (6)$$

$$I_{out}(t_{start} + kT_s) = I_L / N_{res} \times k \cdots (7)$$

若為了便於理解以及簡化說明而忽略寄生參數 4，則輸出電壓 V_{S2} 與輸出電流 I_{out} 之間成立式 (8)。因此，於非線性控制部 20 的輸出段由電壓源構成的情形時，生成滿足式 (8) 的輸出電壓 V_{S2} 便可。

$$V_S(t) = I_{out}(t) \cdot R_M + V_{dd}(t) \cdots (8)$$

圖 7 是表示第 1 期間的控制的演算法 (algorithm) 的圖。於狀態 s-2 下，依照圖 7 的演算法 (源碼 (source code)) 控制輸出電壓 V_S 便可。而且，於每一週期更新放電電荷量 Q 。藉由圖 7 的演算法，於 N_{res} 週期後、可以使輸出電流 I_{out} 與負載電流 I_L 為一致。

還有，於非線性控制部 20 的輸出段由電流源構成的情形時，依照式 (7) 使輸出量 S_{out} 變化便可，無需式 (8) 的演算。

然後，遷移至狀態 s-3，且執行相當於第 2 期間 τ_2 的處理。於本實施形態中，第 2 期間 τ_2 的長度亦作為週期

數 N_{end} 而預先規定。於第 2 期間 $\tau 2$ ，執行以下的處理。

輸出量演算部 26 於第 2 期間 $\tau 2$ ，以輸出電流 I_{out} 成為固定值的方式，來控制輸出量 S_{out} 。即，為了以既定的第 2 期間 $\tau 2$ 的長度 $T_{\text{end}} (= t_{\text{end}} - t_{\text{res}})$ ，進行於第 1 期間(狀態 s-2)計算出的放電電荷量 $Q_{\text{discharge}}$ 的充電所需的輸出電流 I_{out} ，是以式 (9) 來提供。

$$I_{\text{out}} = Q_{\text{discharge}} / T_{\text{end}} \cdots (9)$$

圖 8 (a)、圖 8 (b) 是表示第 2 期間的控制的演算法的圖。於圖 8 (a) 中，不於每個週期更新 (update) 電荷量，而是持續生成與式 (9) 對應的輸出電壓 V_S 。於圖 8 (b) 的演算法中，於每一週期更新電荷量，並相應地重新計算式 (9) 的電流量。

而且，若於時刻 t_{end} 結束處理，則遷移至狀態 s-4。處理結束時的輸出電壓 V_S 是理想控制量 $I_L \cdot R_M + V_{\text{ref}}$ ，理想的是，於該時間點成為 $V_{\text{dd}} = V_{\text{ref}}$ 。實際上較佳為，考慮誤差，且於狀態 s-4 下、將理想控制量輸出數週期後，返回至狀態 s-0 的線性控制。

圖 9 是表示圖 2 的電源裝置 100 的第 2 控制的時序圖。與圖 6 的時序圖相比，圖 9 的時序圖的不同點在於：第 2 期間 $\tau 2$ 的動作。

於第 2 期間 $\tau 2$ ，輸出量演算部 26 以：在輸出電流 I_{out} 為單調變化、且作為第 2 期間 $\tau 2$ 的終點的第 3 時序 t_{end}

中，輸出電流 I_{out} 與負載電流 I_L 為相等的方式，來控制輸出量 S_{out} 。

當提供第 2 期間 τ_2 應充電的電荷量 Q 、第 2 期間 τ_2 的長度 $(t_{end}-t_{res})$ 時，以下的關係式成立便可。

$$(I_{out}(t_{res}) - I_L) \times T_{end}/2 = Q \cdots (10)$$

根據式 (10)，時刻 t_{res} 的輸出電流 I_{out} 是以式 (11) 來提供。

$$I_{out}(t_{res}) = Q \times 2/T_{end} + I_L \cdots (11)$$

另外，第 2 期間 τ_2 的輸出電流 I_{out} 的斜率 β 是以式 (12) 來提供。

$$\beta = Q \times 2/T_{end}^2 \cdots (12)$$

因此，第 2 期間 τ_2 的輸出電流 $I_{out}(t)$ 是以式 (13) 來提供。

$$I_{out}(t) = Q \times 2/T_{end} + I_L - \beta \times (t - t_{res}) \cdots (13)$$

若使用 $T_{end} = N_{end} \times T_S$ 、 $t = t_{res} + kT_S$ 使 (13) 離散化，則獲得式 (14)。

$$I_{out}(t) = Q \times 2 / (T_S \times N_{end}) \times \{1 - k/N_{end}\} + I_L \cdots (14)$$

輸出量演算部 26 根據式 (8) 及式 (14) 來計算週期 k 中的輸出電壓 V_S ，並輸出至 D/A 轉換器 28。

圖 10 是進行第 2 控制時的輸出電壓 V_{dd} 及輸出電流 I_{out} 的模擬波形圖。該圖表示了採樣頻率 $f_s = 2 \text{ MHz}$ 、負載電流 I_L 於時刻 $t = 200 \mu s$ 時、自 0 A 變動為 1.3 A 的情形。負載電容 $C_L = 120 \mu F$ 、 $R_M = 0.2 \Omega$ 。

波形 (i) 表示 $N_{res} = N_{end} = 7$ 、合計 14 週期的情形；波形 (ii) 表示 $N_{res} = N_{end} = 11$ 、合計 22 週期的情形；波形 (iii) 表示進行線性控制 (PID 控制) 的情形。 N_{res} 及 N_{end} 的長度亦可並不相等，而彼此獨立地決定。如此，根據實施形態的電源裝置 100，藉由於負載變動狀態下進行使用電容平衡的非線性控制，與進行線性控制的情形相比，可以減小輸出電壓 V_{dd} 的變動量、及/或縮短穩定化時間。而且，若第 1 期間 $\tau 1$ 的長度 T_{res} 變化，則可以控制電源電壓 V_{dd} 的波形。同樣地，藉由第 2 期間 $\tau 2$ 的長度 T_{end} ，亦可控制電源電壓 V_{dd} 的波形。

以上，基於實施形態說明了本發明。該實施形態為例示，這些的各構成單元及各處理製程、這些的組合中可以存在各種各樣的變形例。以下，說明此種變形例。

於實施形態中，說明了在第 1 期間 $\tau 1$ 使輸出電流 I_{out} 直線增加的情形，但是本發明並不限定於此。例如，輸出電流 I_{out} 亦可呈指數函數地變化。亦可於第 2 期間 $\tau 2$ 使輸

出電流 I_{out} 呈指數函數地變化。

於實施形態中，說明了規定第 1 期間 $\tau 1$ 、第 2 期間 $\tau 2$ 的長度的情形時的處理，但是本發明並不限定於此。例如，關於第 1 期間 $\tau 1$ ，亦可預先規定輸出電流 I_{out} 的斜率 α ，根據其斜率 α 來計算第 1 期間 $\tau 1$ 。

同樣地，關於第 2 期間 $\tau 2$ ，亦可預先規定輸出電流 I_{out} 的斜率 β 或其量，並基於此來計算第 2 期間 $\tau 2$ 的長度。

於實施形態中，著眼於負載電流 I_L 自某一位準急劇增加的情形進行說明，但是負載電流 I_L 急激減少的情形時，本發明亦有效。該情形時，於第 1 期間 $\tau 1$ 進行充電，於第 2 期間 $\tau 2$ 進行放電，使這些的電荷量平衡，而進行與實施形態相同的控制便可。

於實施形態中，說明了如電源電壓 V_{dd} 於短時間穩定化的動作，但是本發明並不限定於此。藉由變更上述各種參數、例如 N_{res} 、 N_{end} 等，而可模擬各種各樣的性能。

於非線性控制部 20 的輸出段有可控制其輸出電流 I_{out} 的電流源構成的情形時，亦可省略電流檢測部 30，利用對於電流源的控制量來作為輸出電流檢測信號 $S2$ 。

於實施形態中，說明了搭載於測試裝置的電源，但是本發明並不限定於此，可以廣泛應用於向普通半導體元件、供給電力到電子電路的電源裝置。

基於實施形態對本發明進行了說明，但是實施形態僅表示本發明的原理及應用，認為於不脫離申請專利範圍所規定的本發明的思想的範圍內，實施形態可施加多種變形

例及配置的變更。

【圖式簡單說明】

圖 1 是模式性表示以往的電源裝置的方塊圖。

圖 2 是表示具備實施形態的電源裝置的測試裝置的方塊圖。

圖 3 是表示利用圖 2 的非線性控制部的非線性控制模式的動作的波形圖。

圖 4 是表示圖 2 的電源裝置的具體構成例的方塊圖。

圖 5 是圖 2 的電源裝置的狀態遷移圖。

圖 6 是表示圖 2 的電源裝置的第 1 控制的時序圖。

圖 7 是表示第 1 期間的控制的演算法的圖。

圖 8 (a)、圖 8 (b) 是表示第 2 期間的控制的演算法的圖。

圖 9 是表示圖 2 的電源裝置的第 2 控制的時序圖。

圖 10 是進行第 2 控制時的電源電壓及輸出電流的模擬波形圖。

【主要元件符號說明】

1：DUT

2：測試裝置

4：寄生參數

10：線性控制部

12：減算器

20：非線性控制部

22：負載電流演算部

24：電荷量演算部
26：輸出量演算部
28：D/A 轉換器
30：電流檢測部
32：放大器
34：A/D 轉換器
40：選擇器
42：負載變動檢測部
50：乘算器
52：延遲電路
54、56、60：加算器
62：積分器
100：電源裝置
1010：控制對象
1022：誤差放大器
1024：類比控制器
1026：電源輸出部
1030：寄生參數
1100：電源裝置
DR：驅動器
CP：比較器
S1：差分信號
S2：輸出電流檢測信號
S3：電壓檢測信號

S4：負載電流檢測信號

S5：電荷量檢測信號

S6：充放電電流檢測信號

C1：電容器

C_L ：負載電容

I_L ：負載電流

I_{out} ：輸出電流

P1：電源端子

L_{VDD} ：電源線

Vdd：輸出電壓

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100142815

G01R 31/28 (2006.01)

※申請日：100.11.23

※IPC 分類：

H02M 3/00 (2006.01)

H02M 3/137 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H02M 3/139 (2006.01)

電源裝置、其控制方法以及使用該裝置、方法之測試
裝置 / POWER APPARATUS, CONTROL METHOD OF
THE POWER APPARATUS, AND TEST APPARATUS
USING THE SAME

二、中文發明摘要：

一種電源裝置，能夠向半導體元件穩定地供給電源。於 DUT 1 的電源端子上連接有負載電容 C_L 。電流檢測部 30 檢測從電源裝置 100 輸出的輸出電流 I_{out} 。非線性控制部 20 使在第 1 期間對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量、與在第 2 期間對負載電容 C_L 進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制非線性控制部 20 的輸出量 S_{out2} ，其中，第 1 期間是從流入 DUT 1 的電源端子的負載電流 I_L 發生變動的 1 時序開始、直至負載電流 I_L 與輸出電流 I_{out} 為一致的第 2 時序為止，第 2 期間是從第 2 時序開始、直至控制結束的第 3 時序為止。

三、英文發明摘要：

A power apparatus for stably providing a power to a

semiconductor device is provided. A load capacity C_L is connected with a power terminal of a DUT 1. A current detection portion 30 detects an output current I_{out} outputted from a power apparatus 100. A non-linear control portion 20 controls an output quantity S_{out2} thereof by balancing a charge quantity which charges or discharges the load capacity C_L during a first period and a charge quantity which charges or discharges the load capacity C_L during a second period. The first period is started from a first timing when a load current I_L that flows into the power terminal of the DUT 1 is varied and ends at a second timing when the load current I_L is consistent with the output current I_{out} . And, the second period is started from the second timing and ends at a third timing when the control is terminated.

七、申請專利範圍：

1. 一種電源裝置，經由電源線向電源端子連接有電容器的半導體元件供給電力，上述電源裝置包括：

電流檢測部，檢測自上述電源裝置輸出的輸出電流；
以及

非線性控制部，使在第1期間對上述電容器進行充放電的電荷量、與在第2期間對上述電容器進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制上述非線性控制部的輸出量，其中，上述第1期間是自流入上述半導體元件的電源端子的負載電流發生變動的第1時序開始、直至上述負載電流與上述輸出電流為一致的第2時序為止，上述第2期間是自上述第2時序開始、直至控制結束的第3時序為止。

2. 如申請專利範圍第1項所述的電源裝置，其中，
上述非線性控制部包含：

負載電流演算部，計算流入上述半導體元件的電源端子的負載電流；

電荷量演算部，計算對上述電容器進行充放電的電荷量；以及

輸出量演算部，基於上述負載電流及上述電荷量，以上述第1期間的電荷量、與上述第2期間的電荷量成為平衡的方式，來計算上述輸出量。

3. 如申請專利範圍第2項所述的電源裝置，其中，

上述負載電流演算部藉由：於上述電源端子的電源電壓的微分值乘以上述電容器的電容值，而算出對於上述電

容器的充放電電流，且

藉由自上述輸出電流中減去該充放電電流，而算出上述負載電流。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，
上述電荷量演算部藉由：將上述負載電流與上述輸出電流的差分進行積分，而算出上述電荷量。

5. 如申請專利範圍第 3 項所述的電源裝置，其中，
上述電荷量演算部藉由：將上述充放電電流進行積分，而算出上述電荷量。

6. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，
上述第 1 期間的長度為預先規定。

7. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，
上述輸出量演算部於上述第 1 期間，以上述輸出電流為單調變化的方式，來控制上述輸出量。

8. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，
上述第 2 期間的長度為預先規定。

9. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，
上述輸出量演算部於上述第 2 期間，以上述輸出電流為固定值的方式，來控制上述輸出量。

10. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，
上述輸出量演算部以上述輸出電流為單調變化，且於作為上述第 2 期間的終點的上述第 3 時序中、上述輸出電流與上述負載電流為相等的方式，來控制上述輸出量。

11. 如申請專利範圍第 2 項所述的電源裝置，其中，

上述輸出量演算部以上述輸出電流呈指數函數地變化，且於作為上述第 2 期間的終點的上述第 3 時序中、上述輸出電流與上述負載電流為相等的方式，來控制上述輸出量。

12. 如申請專利範圍第 1 至 11 項中任一項所述的電源裝置，更包括：

線性控制部，以上述電源端子的電源電壓與既定的基準電壓為一致的方式，來控制上述線性控制部的輸出量；

負載變動檢測部，檢測負載的變動；以及

選擇器，接受上述線性控制部的輸出量與上述非線性控制部的輸出量，而選擇與上述負載變動檢測部的檢測結果相應的一方並予以輸出。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述的電源裝置，其中，上述負載變動檢測部在上述電源電壓與上述基準電壓的差分超過既定的閾值電壓時，判定為：負載變動狀態。

14. 如申請專利範圍第 12 項所述的電源裝置，其中，上述負載變動檢測部基於上述電源電壓與上述基準電壓的差分，而檢測負載變動。

15. 如申請專利範圍第 12 項所述的電源裝置，其中，上述負載變動檢測部基於上述輸出電流，而檢測負載變動。

16. 如申請專利範圍第 12 項所述的電源裝置，其中，上述負載變動檢測部基於上述電荷量的微分值，而檢測負載變動狀態。

17. 如申請專利範圍第 12 項所述的電源裝置，其中，上述負載變動檢測部基於上述負載電流的微分值，而檢測負載變動狀態。

18. 一種測試裝置，包括：

如申請專利範圍第 1 至 11 項中任一項所述的電源裝置，對被測試元件供給電源。

19. 一種電源裝置的控制方法，對於經由電源線向電源端子連接有電容器的半導體元件供給電力的電源裝置進行控制，上述電源裝置的控制方法包括：

檢測自上述電源裝置的控制端子輸出的輸出電流的步驟；以及

使在第 1 期間對上述電容器進行充放電的電荷量、與在第 2 期間對上述電容器進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制輸出量的步驟，其中，上述第 1 期間是自流入上述半導體元件的電源端子的負載電流發生變動的第 1 時序開始、直至上述負載電流與上述輸出電流為一致的第 2 時序為止，上述第 2 期間是自上述第 2 時序開始、直至控制結束的第 3 時序為止。

20. 如申請專利範圍第 19 項所述的電源裝置的控制方法，其中，

上述控制輸出量的步驟包括：

計算流入上述半導體元件的電源端子的負載電流的步驟；

計算對上述電容器進行充放電的電荷量的步

驟；以及

基於上述負載電流及上述電荷量，以上述第 1 期間的電荷量、與上述第 2 期間的電荷量成為平衡的方式，來計算自上述控制端子輸出的上述輸出量的步驟。

21. 如申請專利範圍第 20 項所述的電源裝置的控制方法，其中，

上述計算輸出量的步驟藉由：於上述電源端子的電源電壓的微分值乘以上述電容器的電容值，而算出對於上述電容器的充放電電流，且

藉由自上述輸出電流中減去上述充放電電流，而算出上述負載電流。

22. 如申請專利範圍第 20 項所述的電源裝置的控制方法，其中，

上述計算電荷量的步驟藉由：將上述負載電流與上述輸出電流的差分進行積分，而算出上述電荷量。

23. 如申請專利範圍第 21 項所述的電源裝置的控制方法，其中，

上述計算電荷量的步驟藉由：將上述充放電電流進行積分，而算出上述電荷量。

24. 一種電源裝置的控制方法，對於經由電源線向電源端子連接有電容器的半導體元件供給電力的電源裝置進行控制，上述電源裝置的控制方法包括：

檢測自上述電源裝置的控制端子輸出的輸出電流的

步驟；

檢測負載變動、且判定固定狀態與過渡狀態的步驟；

於上述負載的固定狀態下，以上述電源端子的電源電壓與既定的基準電壓為一致的方式，來控制輸出量的步驟；以及

於上述負載的過渡狀態下，使在第 1 期間對上述電容器進行充放電的電荷量、與在第 2 期間對上述電容器進行充放電的電荷量成為平衡的方式，來控制輸出量的步驟，其中，上述第 1 期間是自流入上述半導體元件的電源端子的負載電流發生變動的第 1 時序開始、直至上述負載電流與上述輸出電流為一致的第 2 時序為止，上述第 2 期間是自上述第 2 時序開始、直至控制結束的第 3 時序為止。

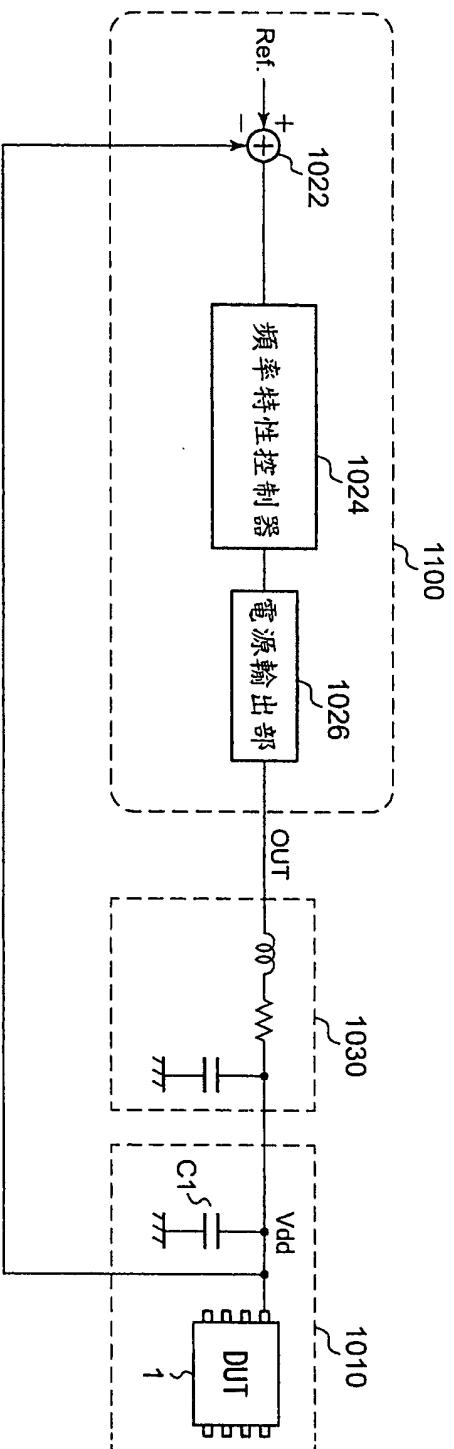


圖 1

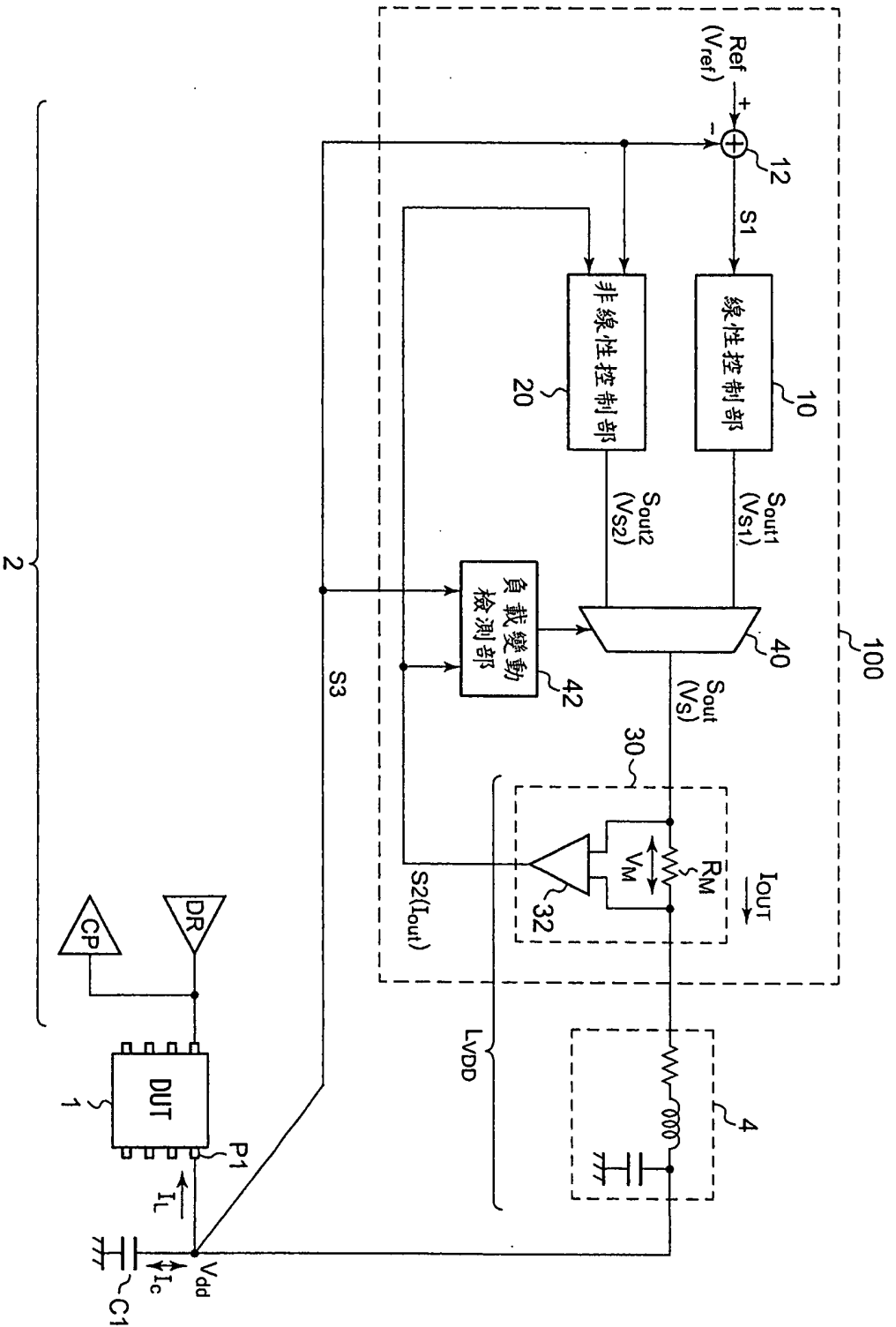


圖 2

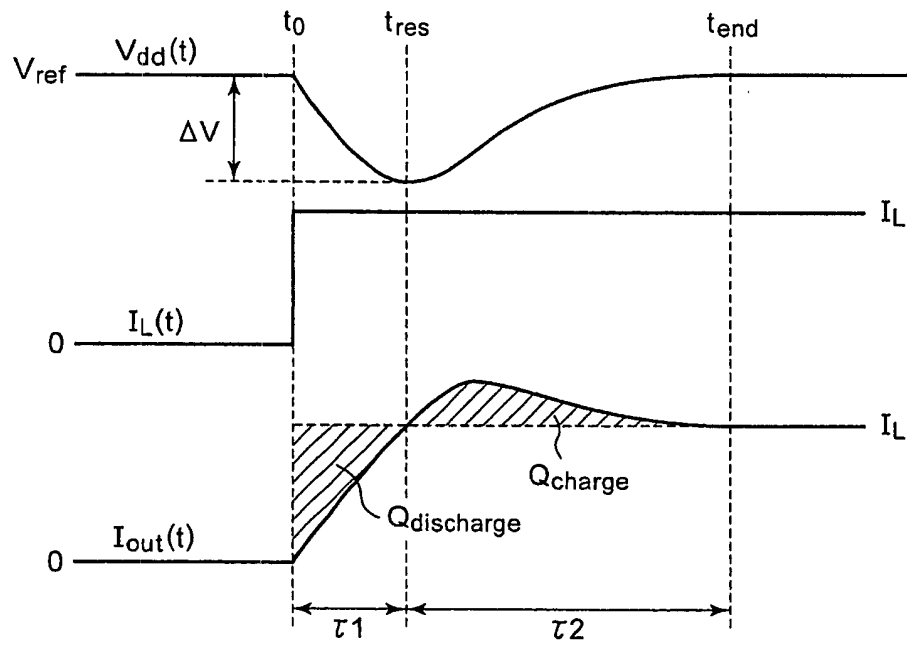


圖 3

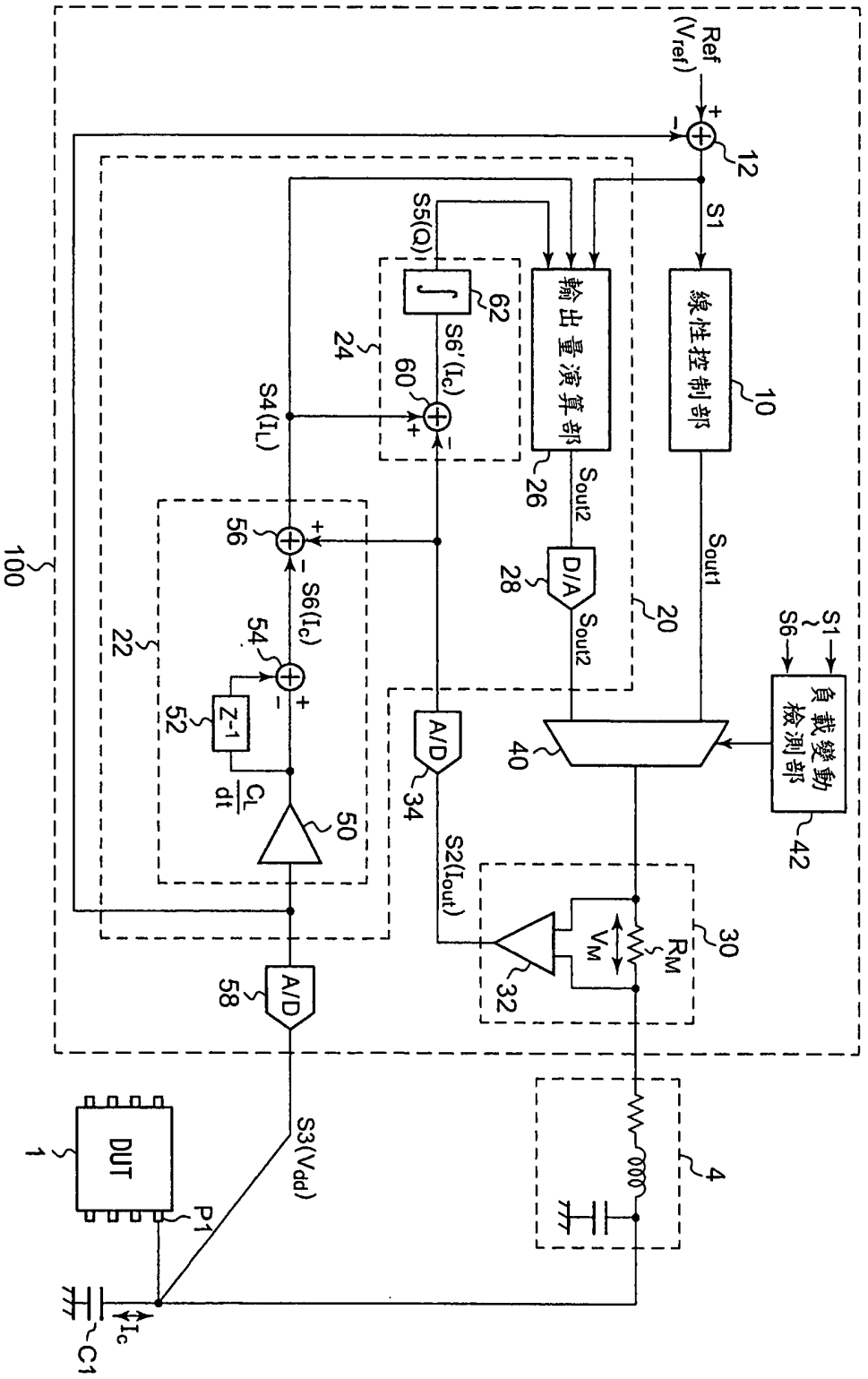


圖 4

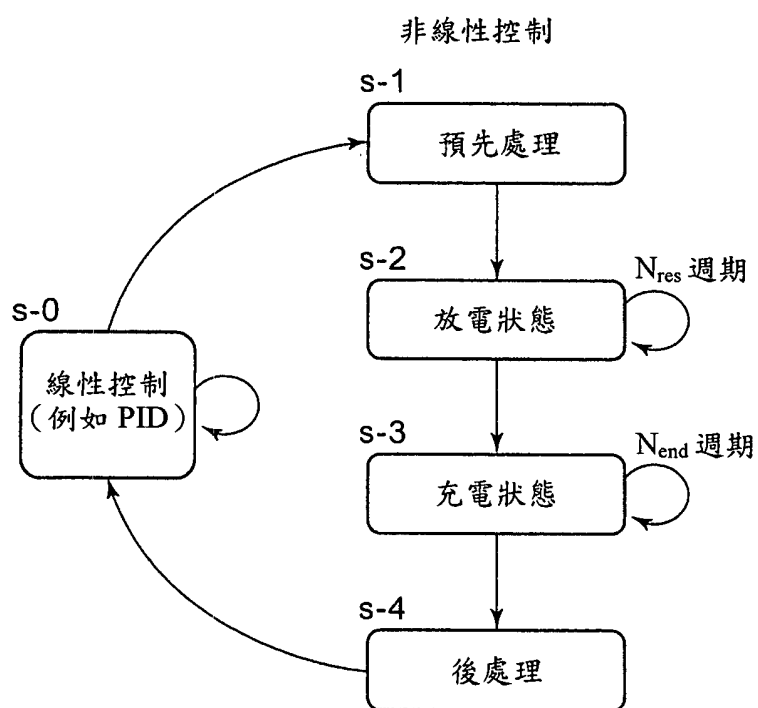


圖 5

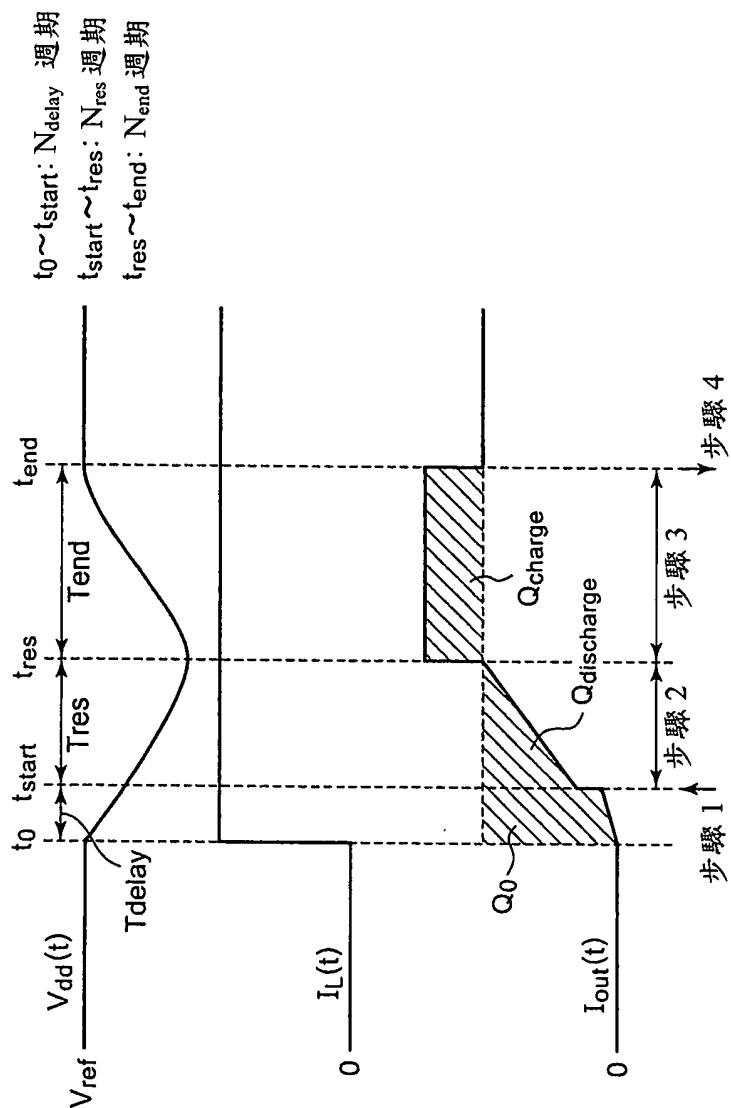


圖 6

$$Q = Q_0$$

for ($k=1 \sim N_{res}, k++$) {

$$V_s(t_{start} + kT_s) = (k) \cdot \frac{I_L}{N_{res}} \cdot R_M + V_{dd}(t_{start} + (k-1)T_s)$$

$$Q = Q + (I_L - I_{out}(t_{start} + (k-1)T_s)) \cdot T_s$$

}

圖 7

for (k=1 ~ N_{end}, k++) {

$$V_s(t_{res} + kT_s) = \left(\frac{\frac{Q}{T_s}}{N_{end}} + I_L \right) \cdot R_M + V_{dd}(t_{res} + (k-1)T_s)$$

}

圖 8 (a)

for (k=1 ~ N_{end}, k++) {

$$V_s(t_{res} + kT_s) = \left(\frac{\frac{Q}{T_s}}{(N_{end} - k + 1)} + I_L \right) \cdot R_M + V_{dd}(t_{res} + (k-1)T_s)$$

$$Q = Q + (I_L - I_{out}(t_{res} + (k-1)T_s)) \cdot T_s$$

}

圖 8 (b)

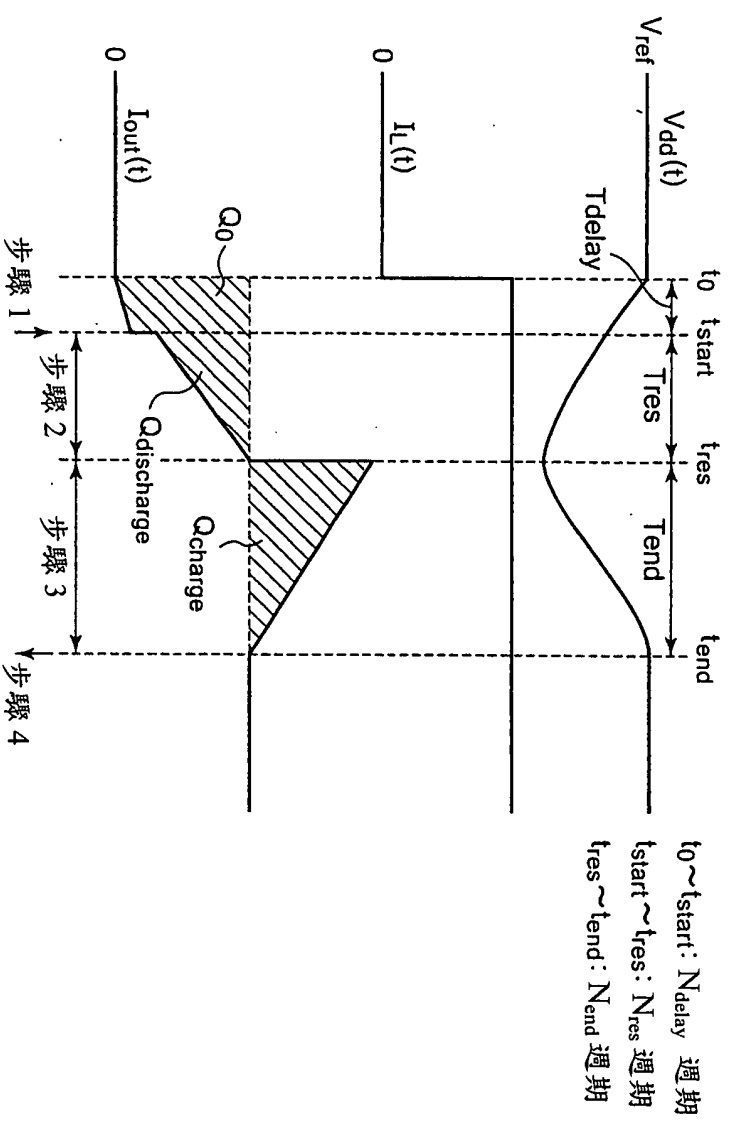


圖 9

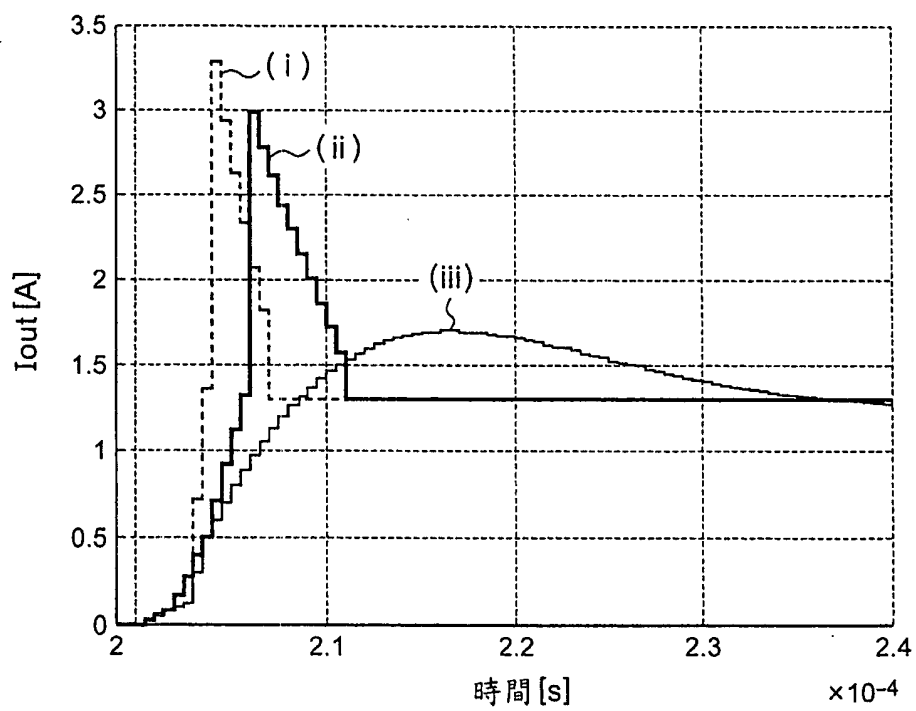
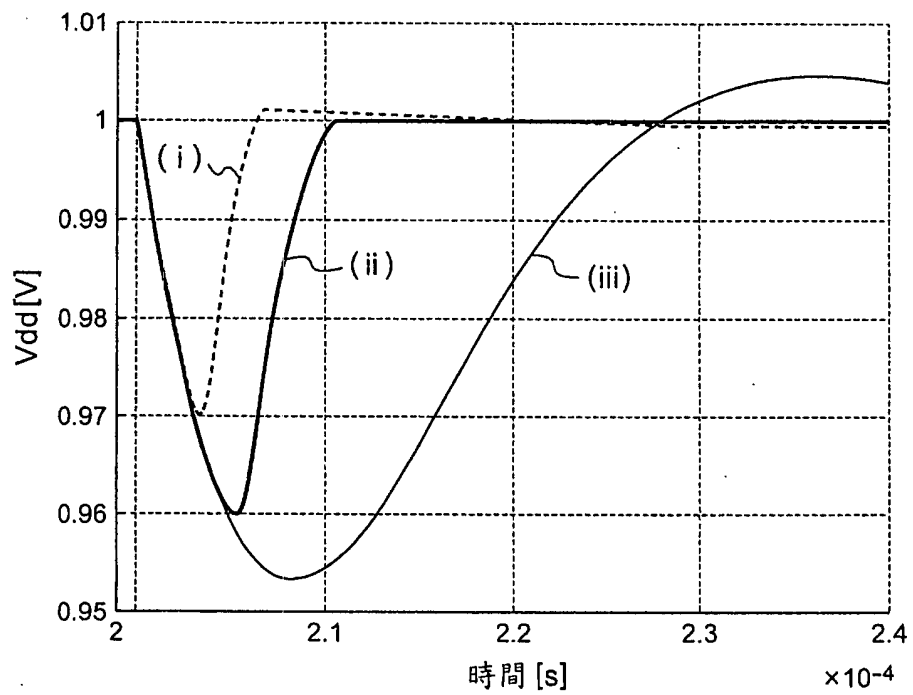


圖 10

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 2。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

1：DUT

2：測試裝置

4：寄生參數

10：線性控制部

12：減算器

20：非線性控制部

30：電流檢測部

32：放大器

40：選擇器

42：負載變動檢測部

100：電源裝置

DR：驅動器

CP：比較器

S1：差分信號

S2：輸出電流檢測信號

S3：電壓檢測信號

C1：電容器

Vdd：輸出電壓

I_L：負載電流

I_{out}：輸出電流

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。