

(21) 申請案號：110125225

(22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 07 月 09 日

(51) Int. Cl. : H02M1/44 (2007.01)

H02M3/155 (2006.01)

H02M3/135 (2006.01)

(30) 優先權：2020/07/10 日本

2020-119495

2020/07/10 日本

2020-119496

(71) 申請人：日商 F L O S F I A 股份有限公司 (日本) FLOSFIA INC. (JP)

日本

(72) 發明人：北角英人 KITAKADO, HIDEHITO (JP)；松原佑典 MATSUBARA, YUSUKE (JP)

(74) 代理人：葉信金

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：13 共 30 頁

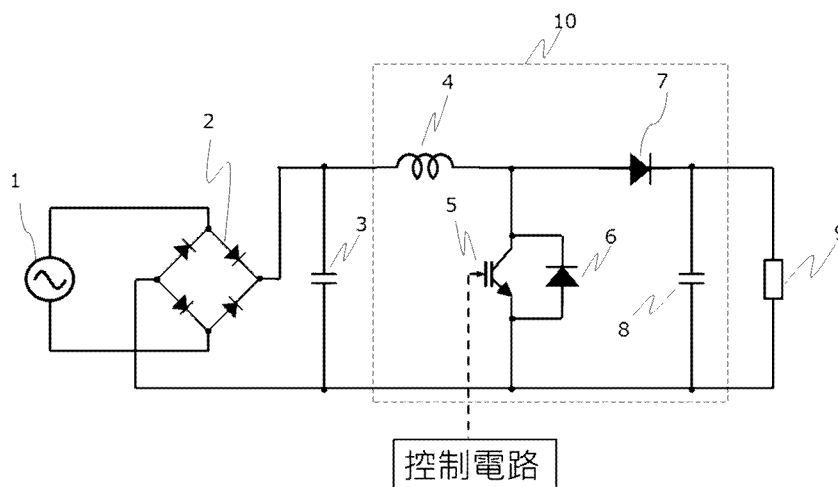
(54) 名稱

電力轉換電路及電力轉換系統

(57) 摘要

本發明提供輻射雜訊經減少的電力轉換電路及電力轉換系統。本發明之電力轉換電路，至少具備：開關元件，透過電抗器將輸入之電壓開閉；整流二極體，藉由至少包含在前述開關元件 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢的電壓，使在前述電動勢之方向上流動的電流導通；前述整流二極體包含氧化鎵系肖特基屏障二極體。

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

1: 電源

2: 二極體電橋

3: 輸入電容器

4: 電抗器

5: 開關元件

6: 穩流二極體

7: 整流二極體

8: 輸出電容器(平滑電容器)

9: 負載

10: 電力轉換電路



202207600

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 電力轉換電路及電力轉換系統**【中文】**

本發明提供輻射雜訊經減少的電力轉換電路及電力轉換系統。本發明之電力轉換電路，至少具備：開關元件，透過電抗器將輸入之電壓開閉；整流二極體，藉由至少包含在前述開關元件 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢的電壓，使在前述電動勢之方向上流動的電流導通；前述整流二極體包含氧化鎵系肖特基屏障二極體。

【指定代表圖】 圖1**【代表圖之符號簡單說明】**

- 1:電源
- 2:二極體電橋
- 3:輸入電容器
- 4:電抗器
- 5:開關元件
- 6:穩流二極體
- 7:整流二極體
- 8:輸出電容器(平滑電容器)
- 9:負載
- 10:電力轉換電路

【發明說明書】

【中文發明名稱】 電力轉換電路及電力轉換系統

【技術領域】

【0001】

本發明係關於電力轉換電路及電力轉換系統。

【先前技術】

【0002】

作為可實現高耐壓、低損失及高耐熱的次世代開關元件，使用了能隙大之氧化鎵(Ga_2O_3)的半導體裝置受到矚目，可望將其應用於反向器或轉換器等電力用半導體裝置。而且，因為寬能隙亦可望用作 LED 及感測器等受發光裝置。若根據非專利文獻 1，可分別藉由銮或鋁、或是將其組合以進行混晶來控制該氧化鎵的能隙，作為 InAlGaO 系半導體，構成了極具魅力的材料系統。此處，InAlGaO 系半導體表示 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 2$ ， $0 \leq y \leq 2$ ， $0 \leq z \leq 2$ ， $x+y+z=1.5 \sim 2.5$)，可將其歸類為內包氧化鎵的同一材料系統。

【0003】

專利文獻 1 中，記載了使用包含 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 系半導體之肖特基二極體作為包含肖特基二極體與電晶體而構成的開關電路之穩流二極體(free wheel diode)。然而並未充分研究實際上組裝至開關電路時的課題等。又，具有氧化鎵基板的導熱率低等課題，並無法應用於工業。

【0004】

又，專利文獻 2 中記載將寬能隙半導體元件(碳化矽、氮化鎵、氧化鎵或鑽石中的任一種或組合)用於交流-直流轉換裝置的開關部中的二極體或開關元件的一部分或全部。然而，並未分開針對各種半導體元件的課題進行研究，又在

輻射雜訊方面亦尚未充分滿足。又，尤其在使用氧化鎵時亦具有電路整體發熱的問題。

【0005】

因此，期望一種輻射雜訊及發熱經抑制的電力轉換電路。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0006】

[專利文獻 1]日本特開 2010-233406 號公報

[專利文獻 2]日本特開 2016-27779 號公報

[非專利文獻]

【0007】

[非專利文獻 1]金子健太郎，「剛玉結構氧化鎵系混晶薄膜的成長與物性」，京都大學博士論文，平成 25 年 3 月

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0008】

本發明之目的在於提供一種輻射雜訊經抑制的電力轉換電路。

【0009】

本案發明人為了達成上述目的而詳細研究的結果，得到下述見解：本發明之電力轉換電路，至少具備：開關元件，透過電抗器將輸入之電壓開閉；整流二極體，藉由至少包含在前述開關元件 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢的電壓使在前述電動勢之方向上流動之電流通導；前述整流二極體包含氧化鎵系肖特基屏障二極體。相較於使用 Si 系二極體或 SiC 系二極體作為整流二極體的

電路，本發明之電力轉換電路其輻射雜訊減少，並且發現這樣的電力轉換電路可一舉解決上述以往的問題。

[解決課題之手段]

【0010】

亦即，本發明係關於以下的發明。

[1] 一種電力轉換電路，至少具備：開關元件，透過電抗器將輸入之電壓開閉；整流二極體，藉由至少包含在前述開關元件 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢的電壓，使在前述電動勢之方向上流動的電流導通；前述整流二極體包含氧化鎵系肖特基屏障二極體。

[2] 如前述[1]之電力轉換電路，其中前述電抗器係配置於比前述二極體更靠近輸入側。

[3] 如前述[1]或[2]之電力轉換電路，其更具備輸出電容器，其係以前述電流供給至前述輸出電容器的方式構成。

[4] 如前述[1]至[3]中任一項之電力轉換電路，其中前述開關元件具備穩流二極體。

[5] 如前述[1]至[4]之電力轉換電路，其中前述開關元件包含氧化鎵系 MOSFET、氧化鎵系 IGBT、氮化鎵系 HEMT、SiC 系 MOSFET 或 SiC 系 IGBT。

[6] 如前述[1]至[5]中任一項之電力轉換電路，其中前述開關元件與前述整流二極體分別使用不同的半導體。

[7] 如前述[1]至[6]中任一項之電力轉換電路，其中前述氧化鎵系肖特基屏障二極體中所使用之半導體的能隙大於前述開關元件中所使用之半導體的能隙。

[8] 如前述[1]至[7]中任一項之電力轉換電路，其中前述氧化鎵系肖特基屏障二極體至少包含 n-型半導體層，前述 n-型半導體層的載子濃度為 $2.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。

[9] 如請求項 8 之電力轉換電路，其中前述 n-型半導體層的厚度為 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 。

[10] 如前述[1]至[9]中任一項之電力轉換電路，其為升壓轉換器(converter)電路。

[11] 一種電力轉換系統，至少具備：開關元件，透過電抗器將輸入之電壓開閉；控制電路，控制前述開關元件的 ON/OFF；整流二極體，藉由至少包含在前述開關元件 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢的電壓，使在前述電動勢之方向上流動的電流導通；及輸出電容器；其中係使用氧化鎵系肖特基屏障二極體作為前述整流二極體。

[12] 如前述[11]之電力轉換系統，其中前述電抗器係配置於比前述二極體更靠近輸入側。

[13] 如前述[11]或[12]之電力轉換系統，其中前述開關元件具備穩流二極體。

[14] 如前述[11]至[13]之電力轉換系統，其中前述開關元件包含氧化鎵系 MOSFET、氧化鎵系 IGBT、氮化鎵系 HEMT、SiC 系 MOSFET 或 SiC 系 IGBT。

[15] 如前述[11]至[14]中任一項之電力轉換系統，其中前述氧化鎵系肖特基屏障二極體至少包含 n-型半導體層，n-型半導體層的載子濃度為 $2.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。

[發明之效果]

【0011】

本發明的電力轉換電路可減少輻射雜訊。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖 1 係示意顯示本發明的第 1 實施態樣之電力轉換系統的電路圖。

圖 2 係示意顯示本發明的第 2 實施型態之電力轉換系統的電路圖。

圖 3 係示意顯示本發明的第 3 的實施型態之電力轉換系統的電路圖。

圖 4 係示意顯示本發明之實施態樣的肖特基屏障二極體較佳之一例的圖。

圖 5 係顯示實施例及比較例中的 PFC 運作波形的圖。

圖 6 係顯示實施例中的二極體關閉波形的圖。

圖 7 係顯示比較例中的二極體關閉波形的圖。

圖 8 係顯示比較例中的二極體關閉波形的圖。

圖 9 係顯示採用了本發明之實施態樣的半導體裝置的控制系統之一例的方塊構成圖。

圖 10 係顯示採用了本發明之實施態樣的半導體裝置的控制系統之一例的電路圖。

圖 11 係顯示採用了本發明之實施態樣的半導體裝置的控制系統之一例的方塊構成圖。

圖 12 係顯示採用了本發明之實施態樣的半導體裝置的控制系統之一例的電路圖。

圖 13 係示意顯示本發明之實施態樣的肖特基屏障二極體的較佳之一例的圖。

【實施方式】

【0013】

本發明的電力轉換電路，其特長係至少具備：開關元件，透過電抗器開閉被輸入的電壓；整流二極體，利用一電壓，該電壓至少包含因前述開關元件之 ON 期間中的激勵而在前述開關元件的 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢，使在前述電動勢之方向上流動的電流導通；其中前述整流二極體包含氧化鎵系肖特基屏障二極體(schottky barrier diode)。本發明之實施態樣中，前述整流二極體較佳係配置於比前述電抗器更靠近輸出側。又，本發明之實施態樣中，前述電力轉換電路更具備電容器，其較佳係具有下述構成：利用至少包含從前述電抗器所產生之電動勢的電壓，透過前述整流二極體將在前述電動勢之方向上流動的電流供給至電容器。又，前述電力轉換電路，只要不阻礙本發明之目的則未特別限定，本發明之實施態樣中，較佳為轉換器電路，更佳為升壓轉換器電路。

【0014】

前述開關元件，只要不阻礙本發明之目的，則未特別限定，可為 MOSFET，亦可為 IGBT。作為前述開關元件，可列舉例如：氧化鎵系 MOSFET、氧化鎵系 IGBT、氮化鎵系 HEMT、SiC 系 MOSFET 或 SiC 系 IGBT、Si 系 MOSFET 或 Si 系 IGBT 等。本發明之實施態樣中，前述開關元件較佳為氧化鎵系 MOSFET、氧化鎵系 IGBT、氮化鎵系 HEMT、SiC 系 MOSFET 或 SiC 系 IGBT。又，本發明之實施態樣中，前述開關元件較佳係具備穩流二極體。前述穩流二極體可內建於開關元件，亦可外接。

【0015】

前述整流二極體，只要是利用一電壓，該電壓至少包含因前述開關元件之 ON 期間中的激勵而在前述開關元件的 OFF 時從前述電抗器所產生之電動勢，使在前述電動勢之方向上流動的電流導通者，則未特別限定。本發明之實施態樣中，前述電力轉換電路更具備輸出電容器(平滑電容器)，其較佳係以使前述

電流供給至前述輸出電容器的方式構成。又，本發明之實施態樣中，為了防止蓄積於前述輸出電容器中的電荷逆流而配置有前述整流二極體，其可更良好地進行雜訊對策，因而較佳。前述氧化鎵系肖特基屏障二極體，只要是使用氧化鎵系半導體者並且不阻礙本發明之目的，則未特別限定。作為前述氧化鎵系半導體，可列舉例如：包含氧化鎵或氧化鎵之混晶的半導體等。又，本發明的實施態樣中，前述氧化鎵系肖特基屏障二極體為接面屏障肖特基二極體(JBS)亦較佳。前述氧化鎵系半導體的結晶結構，只要不阻礙本發明之目的，亦未特別限定。作為前述氧化鎵系半導體的結晶結構，可列舉例如：剛玉結構、 β -gallia 結構、六方晶結構(例如 ϵ 型結構等)、直方晶結構(例如 κ 型結構等)、立方晶結構或正方晶結構等。本發明之實施態樣中，藉由使前述氧化鎵系半導體的結晶結構為剛玉結構，可得到開關特性更優良的電力轉換電路，因而較佳。

【0016】

本發明之實施態樣中，前述氧化鎵系肖特基屏障二極體至少包含 n-型半導體層，並且前述 n-型半導體層的載子濃度為 $2.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下，可更良好地發揮減少輻射雜訊的效果，並且進一步減少電路整體的發熱，因而較佳。前述 n-型半導體層的載子濃度較佳係在 $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3 \sim 5.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的範圍內。又，前述 n-型半導體層的厚度並未特別限定，較佳為 $1\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ ，更佳為 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ ，最佳為 $2\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 。藉由使 n-型半導體層的載子濃度及厚度在上述較佳範圍內，一方面可確保散熱性，一方面可更提升開關特性。又，本發明之實施態樣中，前述氧化鎵系肖特基屏障二極體進一步具備 n+型半導體層亦較佳。前述 n+型半導體層的載子濃度並未特別限定，通常在 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 的範圍內。又，前述 n+型半導體層的厚度亦未特別限定，本發明之實施態樣中，較佳為 $0.1\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ ，更佳為 $0.1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ ，最佳為 $0.1\mu\text{m} \sim 4\mu\text{m}$ 。藉由使前

述 n+型半導體層的厚度為這種較佳的厚度，可一方面維持開關特性，一方面進一步減少熱電阻。

【0017】

又，本發明之實施態樣中，較佳係前述開關元件與前述整流二極體分別使用不同的半導體，更佳係前述氧化鎵系肖特基屏障二極體中所使用之半導體的能隙大於前述開關元件中所使用之半導體的能隙。藉由成為這種較佳構成，即使在將能隙比前述氧化鎵系肖特基屏障二極體更小的半導體用於前述開關元件的情況中，亦可更良好地發揮前述開關元件的性能。

【0018】

前述電力轉換電路的開關頻率並未特別限定，本發明之實施態樣中，較佳為 100kHz 以上，更佳為 300kHz 以上，更佳為 500kHz 以上。藉由將前述氧化鎵系肖特基屏障二極體用作整流二極體，即使開關頻率為這樣的高頻，亦可實現已將輻射雜訊減少的電力轉換電路。

【0019】

以下，一邊參照圖式一邊詳細說明本發明的實施型態之電力轉換電路及電力轉換系統，但本發明不限於此等例子。

【0020】

圖 1 係示意顯示包含本發明之第 1 實施型態的電力轉換電路的電力轉換系統。圖 1 的電力轉換系統為功率因數(power factor)改善系統，其具備：交流電源 1、二極體電橋 2、輸入電容器 3、電抗器 4、開關元件 5、穩流二極體 6、整流二極體 7、輸出電容器 8 及負載 9。另外，電抗器 4、開關元件 5、穩流二極體 6、整流二極體 7 及輸出電容器 8 構成電力轉換電路 10 以作為功率因數改善電路。前述二極體電橋 2 與前述輸入電容器 3 構成全波整流電路，將從交流電源 1 輸入的電壓進行整流。在開關元件 5 的 ON 期間激勵電抗器 4，在開關

元件 5 的 OFF 期間使電抗器 4 的電流整流至整流二極體 7，藉由電抗器 4 的產生電壓與輸入電壓的總和電壓，使輸出電容器 8 充電，週期性重複這樣的運作，而生成高於輸入電壓的電壓。藉由使用控制電路來控制前述開關元件 5 的 ON/OFF 運作，使交流電壓波形與交流電流波形的相位接近同相，改善功率因數，而將已被改善的電壓供給至負載 9。又，較佳係使用圖中未顯示的各種感測器將測得的實測值輸入控制電路，以此輸入信號為基準來進行開關控制。另外，電源 1 只要可供給交流電壓，則未特別限定。作為前述電源 1，可列舉例如：商用電源等。又，前述電源 1，例如，亦可為使用預期的轉換電路將直流電壓或交流電壓轉換成交流電壓者。另外，圖 1 的電力轉換電路 10，亦可更具有濾波器及變壓器。

【0021】

前述整流二極體 7，藉由至少包含因前述開關元件 5 的 ON 期間中的激勵而在前述開關元件 5 的 OFF 時從前述電抗器 4 所產生之電動勢的電壓使在前述電動勢之方向上流動的電流導通，並且防止已充入前述輸出電容器 8 的電荷發生逆流。本發明之實施態樣中，藉由使用氧化鎵系肖特基屏障二極體作為前述整流二極體 7，可減少電力轉換電路整體的輻射雜訊。又，藉由減少雜訊，可減少電力轉換電路整體的發熱。又，藉由減少電力轉換電路整體的輻射雜訊，例如，可實現圖中未顯示之濾波器及電容器等處理雜訊之零件的小型化。

【0022】

圖 2 係示意顯示包含本發明之第 2 實施型態之電力轉換電路的電力轉換系統。圖 2 的電力轉換系統，具備電源(直流電源)1、電抗器 4、開關元件 5、穩流二極體 6、整流二極體 7 及輸出電容器 8。另外，電抗器 4、開關元件 5、穩流二極體 6、整流二極體 7、及輸出電容器 8 構成電力轉換電路 10。開關元件 5 的 ON 期間激勵電抗器 4，開關元件 5 的 OFF 期間使電抗器 4 的電流整流至

整流二極體 7，藉由電抗器 4 的產生電壓與輸入電壓的總和電壓使輸出電容器 8 充電，週期性重複這樣的運作，藉此生成高於輸入電壓的電壓，並將其供給至負載 9。又，較佳係使用圖中未顯示的各種感測器將測得的實測值輸入控制電路，以此輸入信號為基準來進行開關控制。另外，電源 1 只要是可供給直流電壓者，則未特別限定。作為前述電源 1，可列舉例如：分散電源、蓄電池、發電機等。前述電源 1，例如，亦可為使用預期的轉換電路，輸入直流電壓或交流電壓並將其轉換成直流電壓的電源。另外，圖 2 的電力轉換電路 10 亦可更具有變壓器。

【0023】

圖 3 係示意顯示包含本發明的第 3 的實施型態之電力轉換電路的電力轉換系統。圖 3 的電力轉換系統，具備電源(直流電源)1、電抗器 4、開關元件 5、穩流二極體 6、整流二極體 7 及輸出電容器 8。另外，電抗器 4、開關元件 5、穩流二極體 6、整流二極體 7、及輸出電容器 8 構成電力轉換電路 10。開關元件 5 的 ON 期間激勵電抗器 4，開關元件 5 的 OFF 期間使電抗器 4 的電流整流至整流二極體 7，藉由電抗器 4 的產生電壓使輸出電容器 8 充電，週期性重複這樣的運作，生成比輸入電壓更低的電壓，並將其供給至負載 9。又，較佳係使用圖中未顯示的各種感測器將測得的實測值輸入控制電路，再以此輸入信號為基準來進行開關控制。另外，電源 1 只要是可供給直流電壓者，則未特別限定。作為前述電源 1，可列舉例如：分散電源、蓄電池、發電機等。前述電源 1，例如，亦可為使用預期的轉換電路將直流電壓或交流電壓轉換成直流電壓並進行輸入的電源。另外，圖 3 的電力轉換電路 10 亦可更具有變壓器。

【0024】

圖 4 係顯示本發明之實施態樣的氧化鎂系肖特基屏障二極體(SBD)的一例。圖 4 的 SBD 具備 n-型半導體層 101a、n+型半導體層 101b、肖特基電極

105a 及歐姆電極 105b。本發明之實施態樣中，前述 n-型半導體層 101a 的載子濃度在 $2.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下，可更良好地發揮減少輻射雜訊的效果，並可進一步減少電路整體的發熱，因而較佳。前述 n+型半導體層的載子濃度並未特別限定，通常在 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 的範圍內。又，前述 n+型半導體層的厚度並未特別限定，本發明之實施態樣中較佳為 $0.1 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ ，更佳為 $0.1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ ，最佳為 $0.1 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ 。藉由使前述 n+型半導體層的厚度為這種較佳厚度，可一方面維持開關特性，一方面更減少熱電阻。

【0025】

圖 13 係顯示本發明之較佳實施態樣之一的肖特基屏障二極體(SBD)的主要部分。圖 13 的 SBD 具備歐姆電極 202、n-型半導體層 201a、n+型半導體層 201b、肖特基電極 203a 及 203b、絕緣體膜(場絕緣膜)204。此處，絕緣體膜 204 具有膜厚朝向半導體裝置內側減少的 10° 錐角。圖 13 中顯示絕緣體膜 204 的錐角為 10° 的情況，但不限於前述錐角為 10° 的情況，亦可為大於 10° 的角度，亦可為小於 10° 的角度。本發明之實施態樣中，前述絕緣體膜 204 的錐角較佳為 20° 以下。又，絕緣體膜 204 形成於 n-型半導體層 101a 上，具有開口部。圖 13 的半導體裝置，藉由絕緣體膜 204，改善端部的結晶缺陷，更良好地形成耗盡層，且電場緩和亦更加良好，又可更佳地抑制漏電流。圖 13 的半導體裝置中，作為第 1 電極層的金屬層 203b 及/或金屬層 203c 的外端部，位於比作為第 2 電極層的金屬層 203a 之外端部更外側，因此可更良好地抑制漏電流。又再者，金屬層 203b 及/或金屬層 203c 之中，比金屬層 203a 的外端部更往外側突出的部分，具有膜厚朝向半導體裝置的外側減少的錐狀區域，因此成為耐壓性更優良的構成。又，本發明之實施態樣中，前述 n-型半導體層具有保護環(圖中未顯示)亦較佳。前述保護環，例如，可藉由以 p 型摻雜物(例如 Mg 等)對於前述 n-型半導體層進行離子注入而設置。

【0026】

圖 13 之各層的形成手段，只要不阻礙本發明之目的，則未特別限定，亦可為習知的手段。可列舉例如：藉由真空蒸鍍法、CVD 法、濺鍍法、各種塗布技術成膜後再藉由光微影法進行圖案化的手段、或使用印刷技術等直接進行圖案化的手段等。

【0027】

製作與圖 1 所示的電力轉換電路同等的功率因數改善電路(PFC 電路)，並進行評價。另外，使用 SiC 系 MOFET 作為開關元件。又，作為實施例 1，製作在整流二極體中使用了 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 系肖特基屏障二極體的功率因數改善電路。另外，作為 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 系肖特基屏障二極體，使用具有圖 13 所示之構成的 SBD。作為比較例 1，在整流二極體中使用 Si 系二極體以製作功率因數改善電路，作為比較例 2，在整流二極體中使用 SiC 系二極體以製作功率因數改善電路。實施例 1 及比較例 1 中的 PFC 運作波形顯示於圖 5。由圖 5 明確得知，比較例 1 的電力轉換電路中，雖在 PFC 運作波形中觀察到回復電流波形，但實施例 1 的電力轉換電路中，並未於 PFC 運作波形中觀察到回復電流波形，作為 PFC 電路的雜訊減少，而控制性更為優良。又，實施例 1、比較例 1 及比較例 2 的二極體關閉波形分別顯示於圖 6、圖 7 及圖 8。如圖 6、圖 7 及圖 8 明確得知，相較於比較例 1 及比較例 2 的電力轉換電路，實施例 1 的電力轉換電路大幅減少了輻射雜訊的總能量。亦即得知相較於使用 Si 系二極體及 SiC 系二極體作為整流二極體的電力轉換電路，使用氧化鎵系肖特基屏障二極體作為整流二極體的電力轉換電路，其雜訊特性更為優良。另外，實施例 1 的開關頻率為 120kHz 左右，確認即使在這樣的高頻運作中，雜訊亦減少。又，實施例 1 的電力轉換電路，亦因為輻射雜訊的總能量降低而抑制了發熱，因此即使在使用導熱率低之氧化鎵系半導體的情況，在功率因數改善電路中亦可良好地運作。再者，如

圖 6~圖 8 明確得知，實施例 1 的電力轉換裝置中，作為開關元件的 SiC MOSFET 的開關損失亦可減少。又，在氧化鎵系肖特基屏障二極體中，使 n-型半導體層的濃度在 $2.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下、使 n-型半導體層的厚度在 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之範圍內的情況，確認可得到特別良好的開關特性。又，使肖特基界面的電極面積在 $0.8\text{mm}^2 \sim 1.0\text{mm}^2$ 的範圍內，使 n-型半導體層的濃度在 $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3 \sim 5.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的範圍內，使 n-型半導體層的厚度在 $2\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 的範圍內的情況，確認可得到更加良好的開關特性。

【0028】

上述本發明的電力轉換電路，為了發揮上述功能而可應用於包含反向器或轉換器等的電力轉換裝置。圖 9 係顯示可應用本發明之實施態樣的電力轉換裝電路的控制系統之一例的方塊構成圖，圖 10 係相同控制系統的電路圖，其係尤其適合搭載於電動車(Electric Vehicle)的控制系統。

【0029】

如圖 9 所示，控制系統 500 具有電池(電源)501、升壓轉換器 502、降壓轉換器 503、反向器 504、馬達(驅動對象)505、驅動控制部 506，此等搭載於電動車。電池 501 係由例如鎳氫電池或鋰離子電池等蓄電池所構成，藉由充電站的充電或減速時的再生能量等而儲存電力，可輸出電動車的運行系統及電氣系統的運作所必要的直流電壓。升壓轉換器 502，例如搭載了截波電路的電壓轉換裝置，藉由截波電路的開關運作將從電池 501 供給的例如 200V 的直流電壓升壓至例如 650V，而可輸出至馬達等的運行系統。降壓轉換器 503 亦相同地為搭載了截波電路的電壓轉換裝置，但將從電池 501 供給的例如 200V 的直流電壓降壓至例如 12V 左右，藉此可輸出至包含電動窗、動力轉向或車載電力設備等電氣系統。

【0030】

反向器 504，藉由開關運作將從升壓轉換器 502 供給的直流電壓轉換成三相的交流電壓而輸出至馬達 505。馬達 505 構成電動車的運行系統的三相交流馬達，藉由從反向器 504 輸出的三相交流電壓而進行旋轉驅動，再透過圖中未顯示傳動裝置(transmission)等將其旋轉驅動力傳遞至電動車的車輪。

【0031】

另一方面，使用圖中未顯示的各種感測器，從運行中的電動車量測車輪的旋轉數、扭矩、油門的踩踏量(加速量)等實測值，此等的量測信號輸入驅動控制部 506。又同時，反向器 504 的輸出電壓值亦輸入驅動控制部 506。驅動控制部 506 具有具備中央處理器(CPU，Central Processing Unit)等演算部及記憶體等資料保存部的控制器之功能，使用所輸入之量測信號生成控制信號，作為回饋信號而輸出至反向器 504，藉此以開關元件控制開關運作。藉此瞬間修正反向器 504 給予馬達 505 的交流電壓，而可正確地執行電動車的運轉控制，實現電動車安全、舒適的運作。另外，藉由將來自驅動控制部 506 的回饋信號給予升壓轉換器 502，亦可控制輸出至反向器 504 的電壓。

【0032】

圖 10 係顯示將圖 9 中的降壓轉換器 503 去除的電路構成，亦即僅顯示用以驅動馬達 505 之構成的電路構成。如該圖所示，本發明的半導體裝置，例如作為肖特基屏障二極體而被用於升壓轉換器 502 及反向器 504，藉此應用於開關控制。升壓轉換器 502 中，組裝至截波電路以進行截波控制，又反向器 504 中，組裝至包含 IGBT 的開關電路，以進行開關控制。另外，藉由使電感器(線圈等)介於電池 501 的輸出中，來達成電流的穩定化，又電池 501、升壓轉換器 502、反向器 504 的各別之間設有電容器(電解電容器(electrolytic condenser)等)，藉此達成電壓的穩定化。

【0033】

又，如圖 10 中以點線所示，驅動控制部 506 內設有由中央處理器(CPU，Central Processing Unit)所構成之演算部 507 與由非揮發性記憶體所構成儲存部 508。輸入驅動控制部 506 的信號被傳送至演算部 507，進行必要的演算，藉此生成與各半導體元件相對的回饋信號。又儲存部 508，暫時保持演算部 507 的演算結果，或是將驅動控制所需要的物理常數及函數以表格的形式儲存並適當輸出至演算部 507。演算部 507 及儲存部 508 可採用習知的構成，其處理能力等亦可任意選定。

【0034】

如圖 9 及圖 10 所示，控制系統 500 中，升壓轉換器 502、降壓轉換器 503、反向器 504 的開關運作中，使用作為二極體或開關元件的閘流體、功率電晶體、IGBT、MOSFET 等。藉由在此等的半導體元件中，使用氧化鎵 (Ga_2O_3)、尤其是剛玉型氧化鎵($\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$)作為其材料，可大幅提升開關特性。再者，藉由應用本發明之電力轉換電路等，可期待極佳的開關特性，而可實現控制系統 500 的更加小型化及成本降低。亦即，升壓轉換器 502、降壓轉換器 503、反向器 504 皆可期待本發明之效果，此等任一者或任意二者以上的組合，或是亦包含驅動控制部 506 之型態的任一者，皆可期待本發明的效果。

另外，上述的控制系統 500，不僅可將本發明的半導體裝置應用於電動車的控制系統，亦可應用於將來自直流電源的電力進行升壓/降壓，或是從直流進行電力轉換而成為交流之類的所有用途的控制系統。又，亦可使用太陽能電池等電源作為電池。

【0035】 圖 11 系顯示可應用本發明之實施態樣的電力轉換電路的控制系統之其他例的方塊構成圖，圖 12 係相同控制系統的電路圖，其係適合搭載於以來自交流電源的電力運作的基礎設備或家電設備等的控制系統。

【0036】

如圖 11 所示，控制系統 600，係輸入由外部的例如三相交流電源(電源)601 所供給的電力，其具有 AC/DC 轉換器 602、反向器 604、馬達(驅動對象)605、驅動控制部 606，此等可搭載於各種設備(後述)。三相交流電源 601 為例如電力公司的發電設施(火力發電廠、水力發電廠、地熱發電廠、核電廠等)，其輸出透過變電所降壓並且作為交流電壓以進行供給。又，例如以自家發電機等型態設置於大樓內或鄰近設施內而以電纜進行供給。AC/DC 轉換器 602 係將交流電壓轉換成直流電壓的電壓轉換裝置，將由三相交流電源 601 所供給的 100V 或 200V 的交流電壓轉換成既定的直流電壓。具體而言，藉由電壓轉換，轉換成 3.3V、5V 或是 12V 之類的一般使用的預期直流電壓。驅動對象為馬達的情況中轉換成 12V。另外，亦可採用單相交流電源代替三相交流電源，此情況中，只要使 AC/DC 轉換器為單相輸入，則可作為相同的系統構成。

【0037】

反向器 604，係藉由開關運作將由 AC/DC 轉換器 602 所供給之直流電壓轉換成三相的交流電壓而輸出至馬達 605。馬達 605，其型態根據控制對象而有所不同，控制對象為電動車的情況係用以驅動車輪的三相交流馬達，工廠設備的情況係用以驅動泵及各種動力源的三相交流馬達，家電設備的情況係用以驅動壓縮機等的三相交流馬達，藉由從反向器 604 所輸出的三相交流電壓進行旋轉驅動，並將該旋轉驅動力傳遞至圖中未顯示的驅動對象。

【0038】

另外，例如家電設備中，亦有許多可直接供給從 AC/DC 轉換器 302 輸出之直流電壓的驅動對象(例如電腦、LED 照明設備、映像設備、音響設備等)，此時控制系統 600 中不需要反向器 604，如圖 11 所示，從 AC/DC 轉換器 602 對於驅動對象供給直流電壓。此情況中，例如對於電腦等供給 3.3V 的直流電壓，對於 LED 照明設備等供給 5V 的直流電壓。

【0039】

另一方面，使用圖中未顯示的各種感測器，量測驅動對象的旋轉數、扭矩、或是驅動對象周邊環境的溫度、流量等之類的實測值，此等的量測信號被輸入驅動控制部 606。又同時，反向器 604 的輸出電壓值亦輸入驅動控制部 606。以此等的測量信號為基準，驅動控制部 606 給予反向器 604 回饋信號，控制由開關元件所進行的開關運作。藉此，藉由瞬間修正反向器 604 給予馬達 605 的交流電壓，可正確地執行驅動對象的運轉控制，而實現驅動對象的穩定運作。又，如上所述，驅動對象能夠由直流電壓所驅動的情況，亦可對於 AC/DC 轉換器 602 進行回饋控制，以代替對於反向器的回饋。

【0040】

圖 12 係顯示圖 11 的電路構成。如該圖所示，本發明的半導體裝置，例如，作為肖特基屏障二極體而被用於 AC/DC 轉換器 602 及反向器 604，藉此應用於開關控制。AC/DC 轉換器 602，例如係使用將肖特基屏障二極體進行電路構成而成為橋接狀者，將輸入電壓的負電壓部分進行變壓整流而成為正電壓，藉此進行直流轉換。又在反向器 604 中，組裝至 IGBT 中的開關電路以進行開關控制。另外，在三相交流電源 601 與 AC/DC 轉換器 602 之間設有電感器(線圈等)，藉此達到電流的穩定化，又 AC/DC 轉換器 602 與反向器 604 之間設有電容器(電解電容器等)，藉此達到電壓的穩定化。

【0041】

又，如圖 12 中以點線所示，在驅動控制部 606 內設有 CPU 所構成之演算部 607 與非揮發性記憶體所構成之儲存部 608。輸入驅動控制部 606 的信號被傳遞至演算部 607，進行必要的演算，藉此生成與各半導體元件相對的回饋信號。又儲存部 608 暫時保存演算部 607 的演算結果，或是將驅動控制所需的物

理常數或函數等以表格的形式儲存並適當輸出至演算部 607。演算部 607 及儲存部 608 可採用習知的構成，其處理能力等亦可任意選定。

【0042】

這樣的控制系統 600 中，與圖 9 及圖 10 所示之控制系統 500 相同，亦在 AC/DC 轉換器 602 及反向器 604 的整流運作及開關運作中使用作為二極體或開關元件的閘流體、功率電晶體、IGBT、MOSFET 等。藉由在此等半導體元件中，使用氧化鎵(Ga_2O_3)、尤其是剛玉型氧化鎵($\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$)作為其材料，藉此提升開關特性。再者，藉由應用本發明之電力轉換電路，可期待極佳的開關特性，並且可實現控制系統 600 進一步的小型化及成本降低。亦即，AC/DC 轉換器 602、反向器 604 皆可期待本發明之效果，此等任一者或其組合、或是亦包含驅動控制部 606 的型態皆可期待本發明的效果。

【0043】

另外，圖 11 及圖 12 中雖例示馬達 605 作為驅動對象，但驅動對象並不限於機械運作者，亦可以需要交流電壓的許多設備作為對象。只要是從交流電源輸入電力以將驅動對象驅動，則可應用控制系統 600，可以基礎設備(例如大樓及工廠等的電力設備、通信設備、交通管制設備、淨水處理設備、系統設備、省力設備、列車等)或家電設備(例如，冰箱、洗衣機、電腦、LED 照明設備、影像設備、音響設備等)之類的設備為對象，而搭載控制系統 600 以對該等對象進行驅動控制。

【0044】

另外，當然可將本發明之多種實施型態組合或是將一部份的構成要件應用於其他實施型態，又可增減一部分構成要件的數量，或是再與其他習知技術組合，只要不阻礙本發明之目的，則可省略一部分等，亦可進行變更而構成，此等皆屬於本發明的實施型態。

【符號說明】

【0045】

- 1:電源
- 2:二極體電橋
- 3:輸入電容器
- 4:電抗器
- 5:開關元件
- 6:穩流二極體
- 7:整流二極體
- 8:輸出電容器(平滑電容器)
- 9:負載
- 10:電力轉換電路
- 101a:n-型半導體層
- 101b:n+型半導體層
- 102:p 型半導體層
- 103:半絕緣體層
- 104:絕緣體層
- 105a:肖特基電極
- 105b:歐姆電極
- 201a:n-型半導體層
- 201b:n+型半導體層
- 202:歐姆電極
- 203:肖特基電極

203a:金屬層

203b:金屬層

203c:金屬層

204:絕緣體膜

500:控制系統

501:電池(電源)

502:升壓轉換器

503:降壓轉換器

504:反向器

505:馬達(驅動對象)

506:驅動控制部

507:演算部

508:儲存部

600:控制系統

601:三相交流電源(電源)

602:AC/DC 轉換器

604:反向器

605:馬達(驅動對象)

606:驅動控制部

607:演算部

608:儲存部

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種電力轉換電路，至少具備：開關元件，透過電抗器開閉被輸入的電壓；整流二極體，利用一電壓，該電壓至少包含在該開關元件OFF時從該電抗器所產生之電動勢，使在該電動勢之方向上流動的電流導通，其中該整流二極體包含氧化鎵系肖特基屏障二極體。

【請求項2】 如請求項1之電力轉換電路，其中該電抗器係配置於比該二極體更靠近輸入側。

【請求項3】 如請求項1或2之電力轉換電路，其更具備輸出電容器，且其係以該電流供給至該輸出電容器的方式構成。

【請求項4】 如請求項1至3中任一項之電力轉換電路，其中該開關元件具備穩流二極體(free wheel diode)。

【請求項5】 如請求項1至4中任一項之電力轉換電路，其中該開關元件包含氧化鎵系MOSFET、氧化鎵系IGBT、氮化鎵系HEMT、SiC系MOSFET或SiC系IGBT。

【請求項6】 如請求項1至5中任一項之電力轉換電路，其中該開關元件與該整流二極體分別使用不同的半導體。

【請求項7】 如請求項1至6中任一項之電力轉換電路，其中該氧化鎵系肖特基屏障二極體中所使用之半導體的能隙大於該開關元件中所使用之半導體的能隙。

【請求項8】 如請求項1至7中任一項之電力轉換電路，其中該氧化鎵系肖特基屏障二極體至少包含n-型半導體層，該n-型半導體層的載子濃度為 $2.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。

【請求項9】如請求項8之電力轉換電路，其中該n-型半導體層的厚度為 $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

【請求項10】如請求項1至9中任一項之電力轉換電路，其為升壓轉換器電路。

【請求項11】一種電力轉換系統，至少具備：開關元件，透過電抗器開閉被輸入的電壓；控制電路，控制該開關元件的ON/OFF；整流二極體，利用一電壓，該電壓至少包含在該開關元件OFF時從該電抗器所產生之電動勢，使在該電動勢之方向上流動的電流導通；及輸出電容器，其中係使用氧化鎵系肖特基屏障二極體作為該整流二極體。

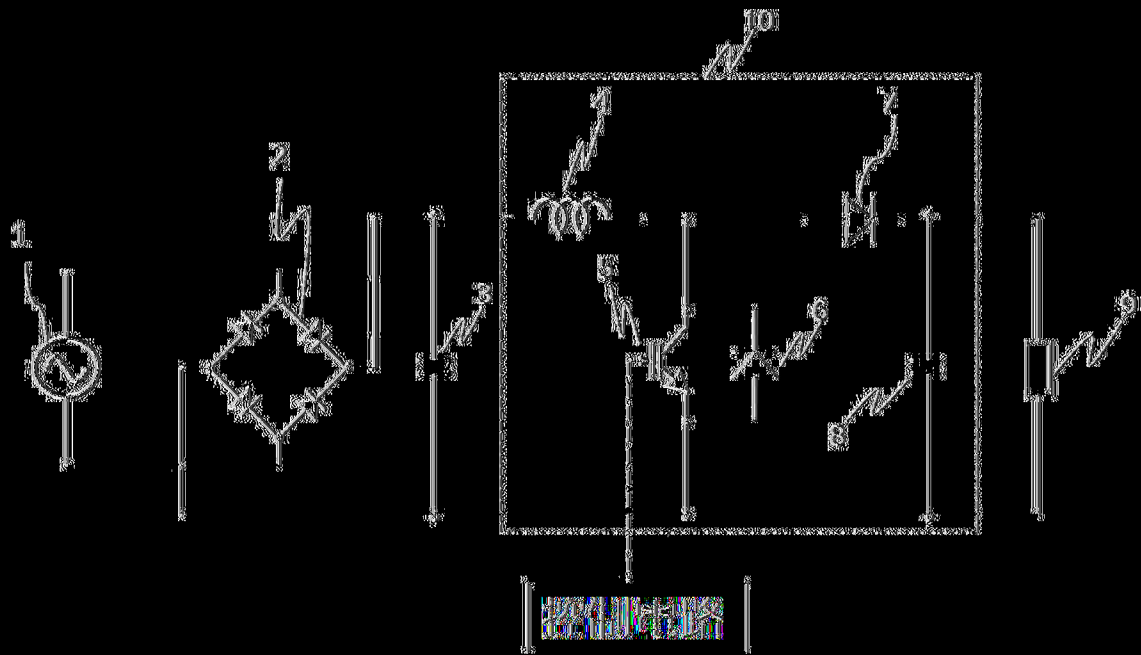
【請求項12】如請求項11之電力轉換系統，其中該電抗器係配置於比該二極體更靠近輸入側。

【請求項13】如請求項11或12之電力轉換系統，其中該開關元件具備穩流二極體。

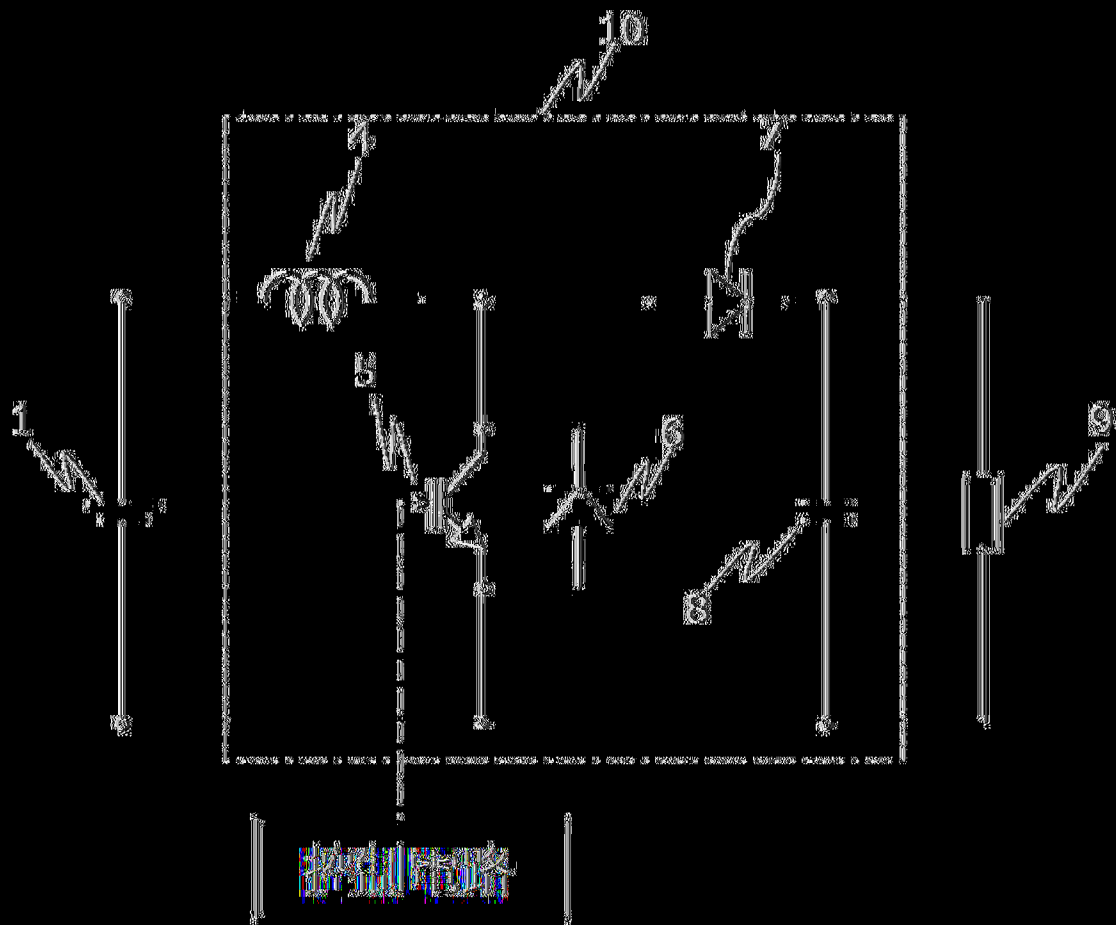
【請求項14】如請求項11至13中任一項之電力轉換系統，其中該開關元件包含氧化鎵系MOSFET、氧化鎵系IGBT、氮化鎵系HEMT、SiC系MOSFET或SiC系IGBT。

【請求項15】如請求項11至14中任一項之電力轉換系統，其中該氧化鎵系肖特基屏障二極體至少包含n-型半導體層，n-型半導體層的載子濃度為 $2.0\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。

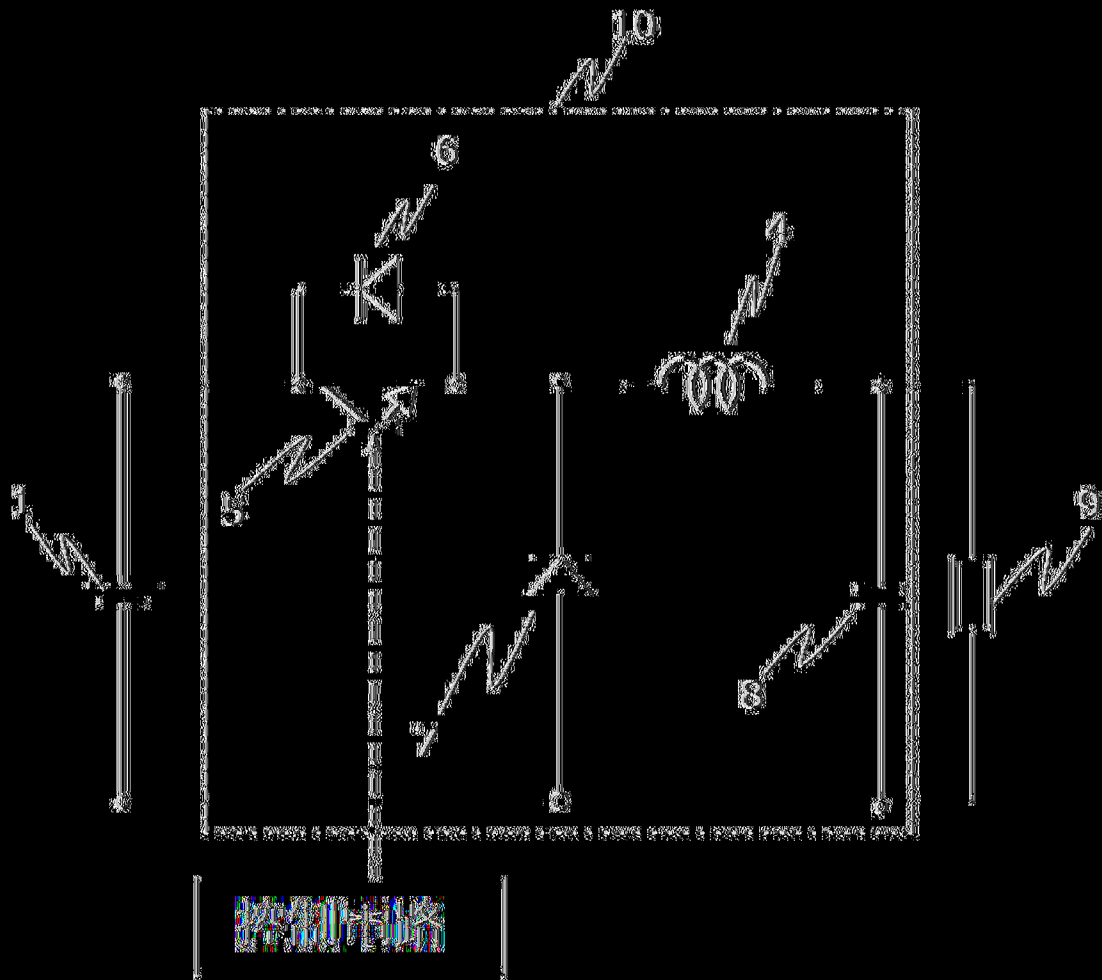
〔發明圖式〕



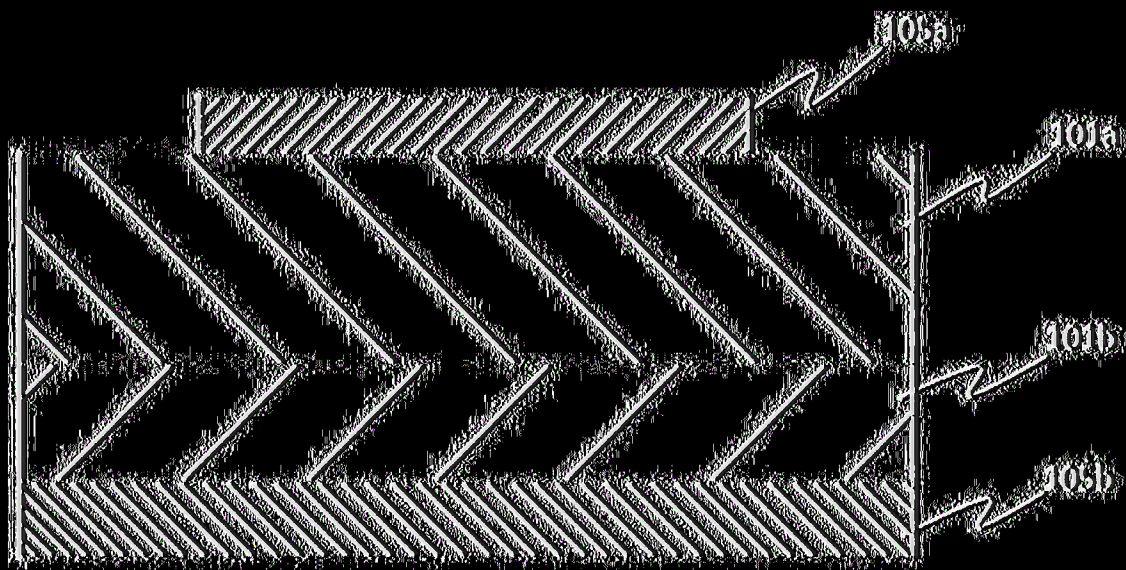
〔圖1〕



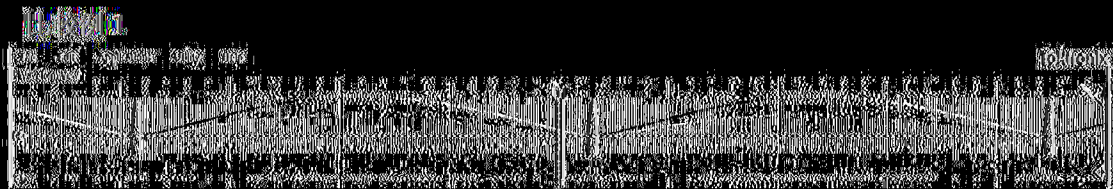
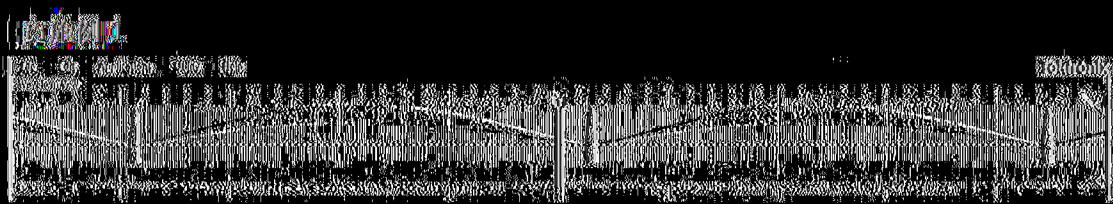
〔圖2〕



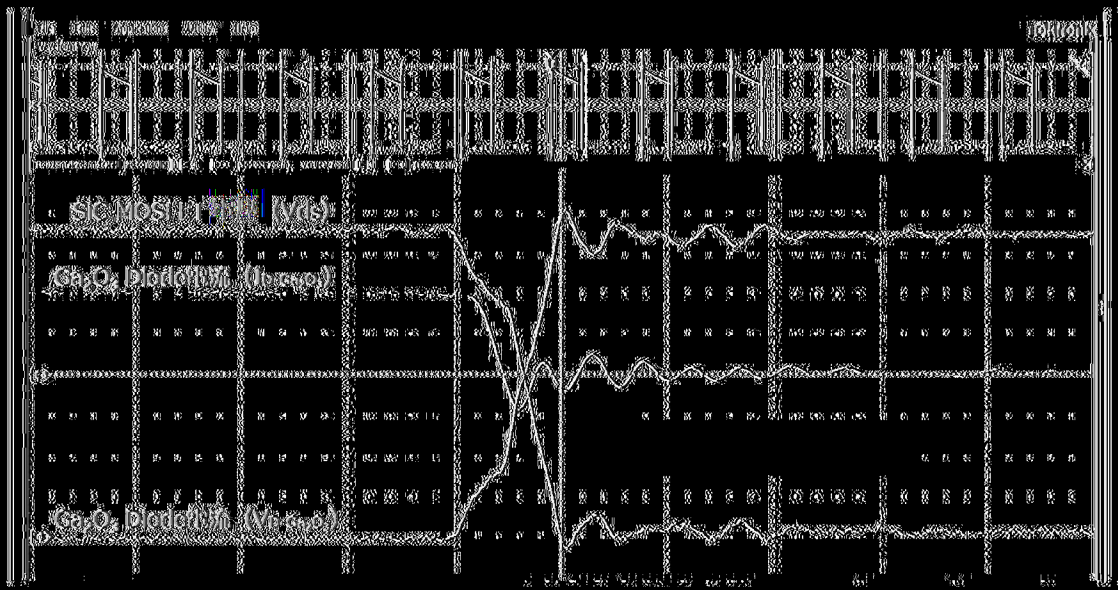
(圖3)



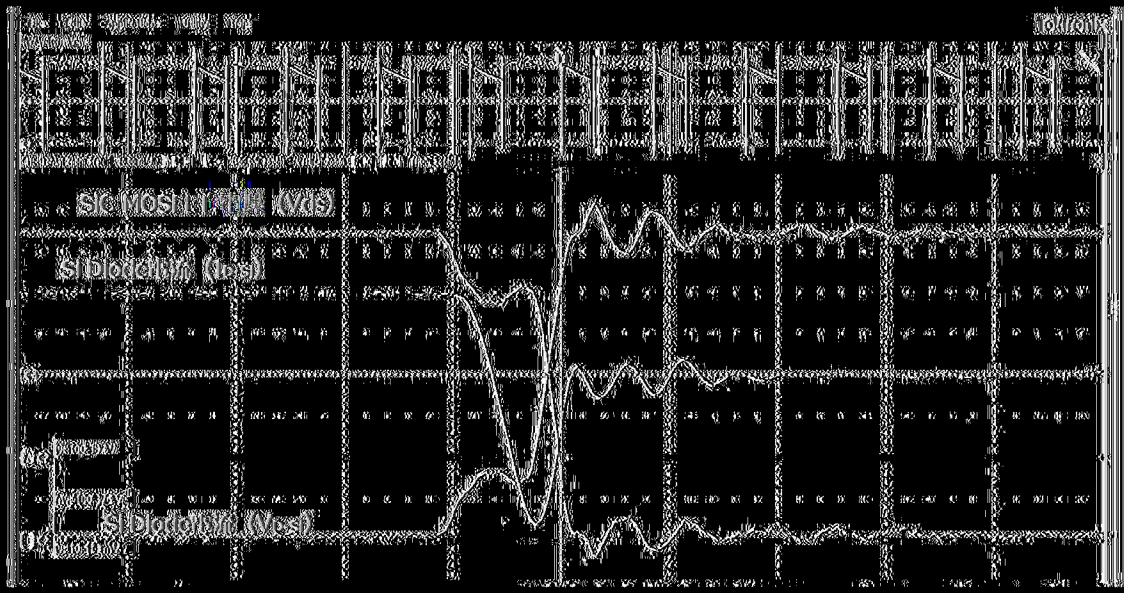
(圖4)



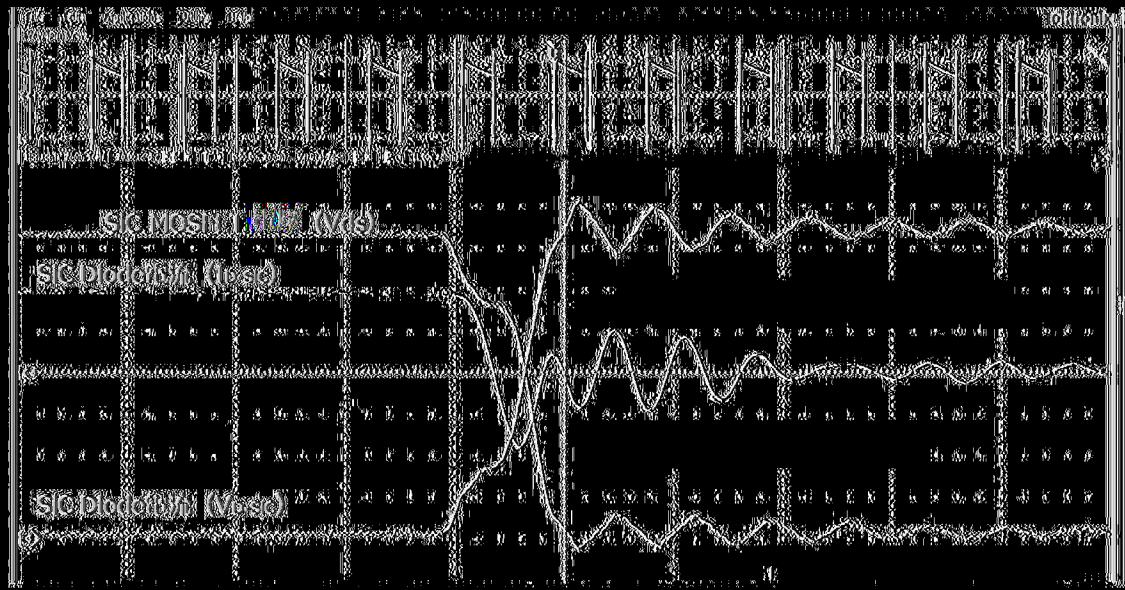
(圖5)



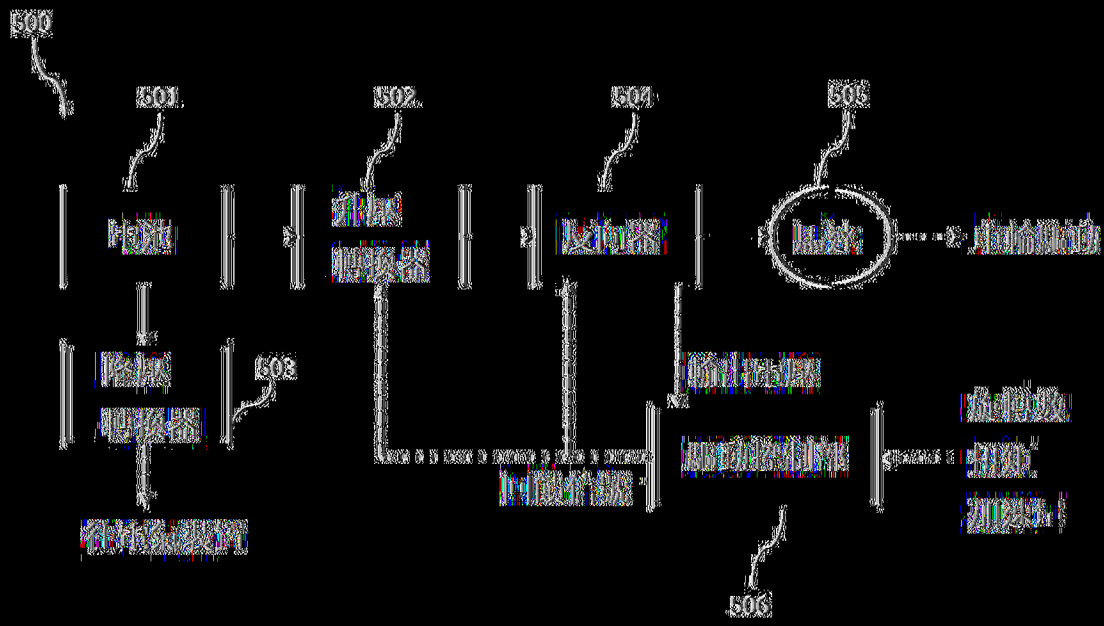
(圖6)



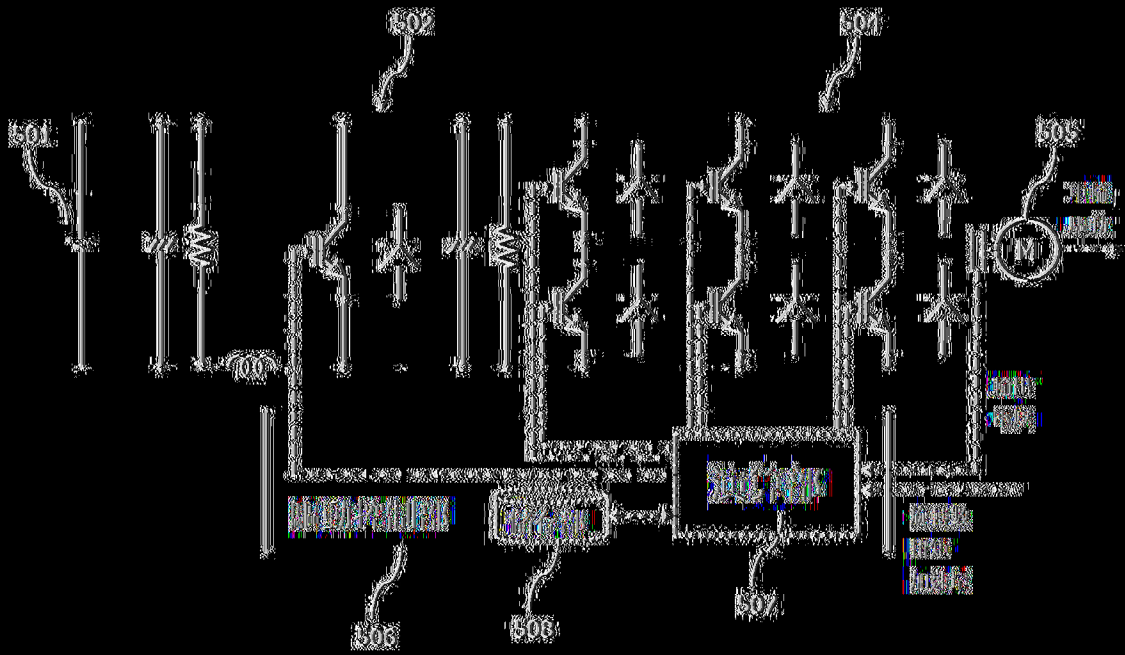
(圖7)



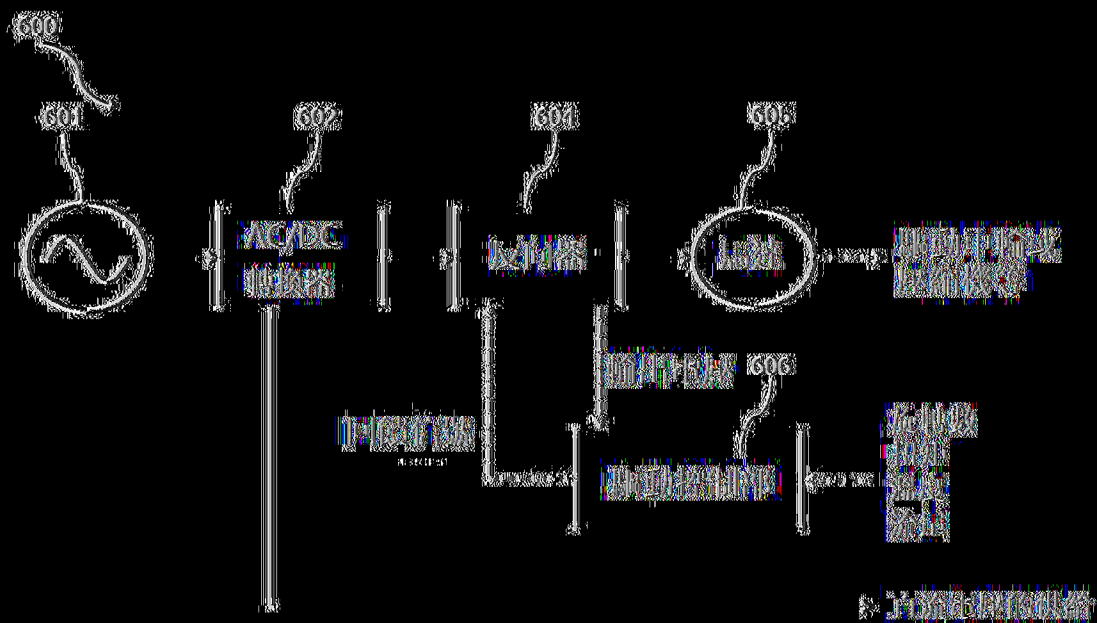
(圖8)



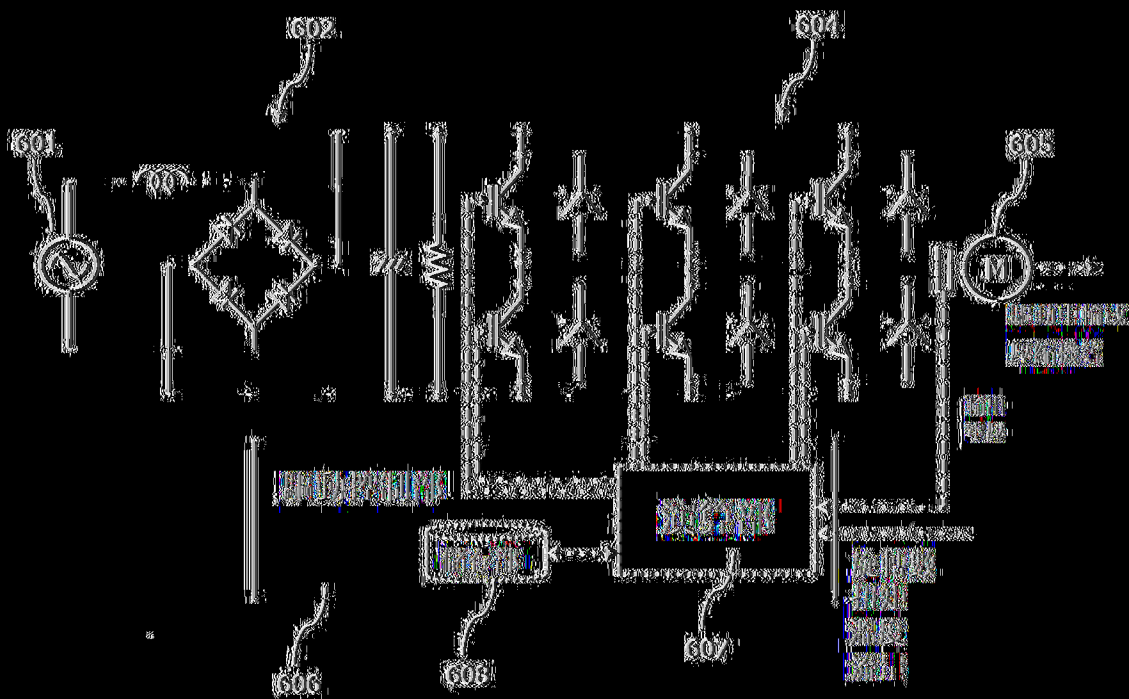
(圖9)



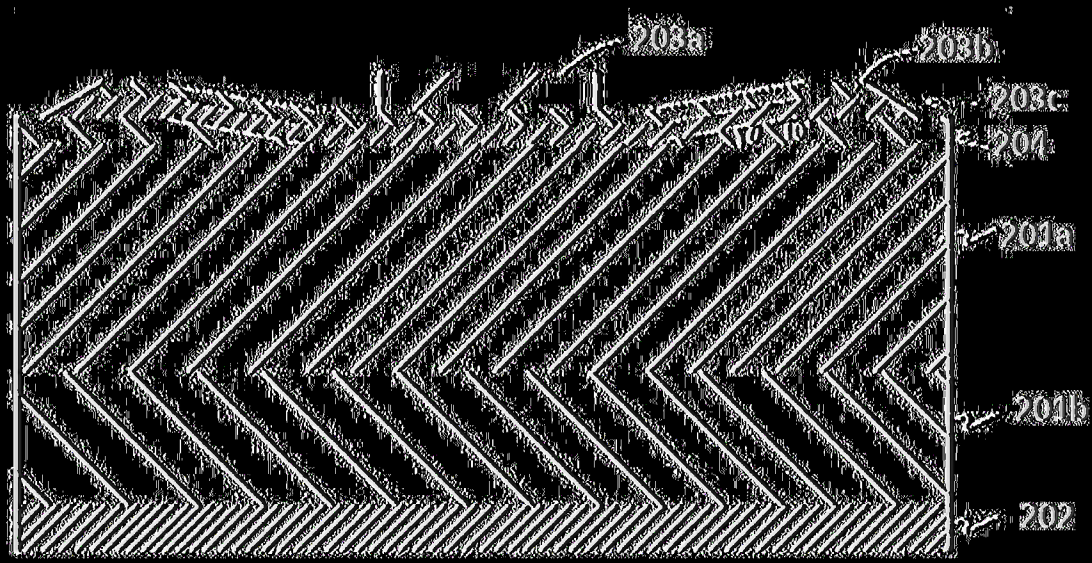
(圖10)



(圖11)



(圖12)



(圖13)