

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2010年1月28日(28.01.2010)

PCT



(10) 国際公開番号

WO 2010/010683 A1

- (51) 国際特許分類:
G01F 23/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/003397
- (22) 国際出願日: 2009年7月21日(21.07.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-188111 2008年7月22日(22.07.2008) JP
特願 2008-290546 2008年11月13日(13.11.2008) JP
特願 2008-290547 2008年11月13日(13.11.2008) JP
特願 2008-290548 2008年11月13日(13.11.2008) JP
特願 2009-048780 2009年3月3日(03.03.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大島幹啓(OHSHIMA, Mikihiro). 緒方基樹(OGATA, Motoki). ▲高▼嶋義典(TAKASHIMA, Yoshinori). 柏木健(KASHIWAGI, Takeshi).
- (74) 代理人: 内藤浩樹, 外(NAITO, Hiroki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地パナソニック株式会社内 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

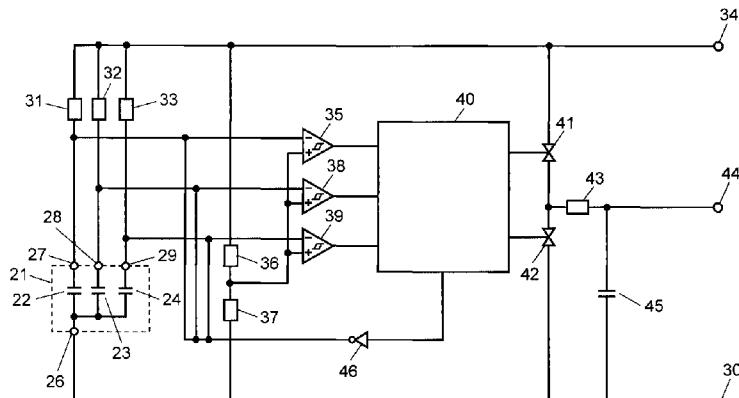
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: LIQUID-LEVEL SENSOR

(54) 発明の名称: 液位センサ

[図2]





本発明の液位センサは、常に被測定液中にある第1の検出電極と、被測定液の液位を測定する第2の検出電極と、常に被測定液外にある第3の検出電極を設け、第2の検出電極が被測定液中に浸漬されている部分の長さが第2の検出電極の全長に対する比に比例する時間だけコンデンサを充電し、かつ第2の検出電極が被測定液外にある部分の長さが第2の検出電極の全長に対する比に比例した時間だけコンデンサの電荷を放電するという動作を繰り返す。このような構成により、複雑な演算装置を設けることなく、被測定液の誘電率や温度が変化しても高精度で液位を検出することができる。

明 細 書

発明の名称：液位センサ

技術分野

[0001] 本発明は、容器内に保管された液体の液位を検出する液位センサに関し、特に自動車、建築機械等のエンジンオイルや燃料の液位を検出する液位センサに関する。

背景技術

[0002] 自動車、建築機械等のエンジンオイルや燃料の液位を検出する液位センサとしては図33、図34に示すようなものが知られている（特許文献1参照）。

[0003] 図33は従来の液位センサの検出部の正面図である。図33において、上下に延びる長方形の基板1の下端部に櫛歯形状の第1の検出電極2が設けられている。また、基板1の中央部には櫛歯形状の第2の検出電極3が設けられている。

[0004] 第1の検出電極2は上下に所定の間隔を置いて配置された複数の線状電極4から構成される。これらは基板1の両側縁に沿って上下に延びるリード線5、6に交互に接続されている。

[0005] 第2の検出電極3は左右に所定の間隔を置いて上端部から下端部に延びるように配置された複数の線状電極7から構成される。これらの線状電極7は上端がリード線8、9に交互に接続されている。

[0006] 液位測定時には検出部は被測定液中に浸漬される。すなわち、第1の検出電極2は常に被測定液中に浸漬するように配置される。一方、第2の検出電極3は被測定液面と交差し、液中に浸漬する部分は液位の昇降に伴って増減する。

[0007] 図34は従来の液位センサの検出回路図である。図34において、検出回路は、発振回路10と処理回路17とから構成される。発振回路10はインバータ11、12、13と、抵抗14とを有する。インバータ12、13間

には、それぞれアナログスイッチ15、16を介して、図33の検出部を構成する第1、第2の検出電極2、3が接続されている。

[0008] マイクロコンピュータを有する処理回路17は、最初にアナログスイッチ15を閉じ、抵抗14と、第1の検出電極2の容量で決定される発振周波数から被測定液の誘電率を計算して記憶する。次に、処理回路17は一方のアナログスイッチ15に代えて他方のアナログスイッチ16を閉じる。そして、抵抗14と第2の検出電極3の容量とにより決定される発振周波数と、被測定液の誘電率と、に基づいて液位が算出される。

[0009] なお、この出願の発明に関する先行技術文献情報としては、例えば、特許文献1が知られている。

[0010] しかしながら、上述した従来の液位センサにおいては、常に被測定液中に浸漬される第1の検出電極2間の容量で決定される発振回路10の発振周波数より被測定液の誘電率を算出して記憶した後、被測定液面と交差し、そして、液中に浸漬する部分は液位の昇降に伴って増減する第2の検出電極3間の容量で決定される発振回路10の発振周波数と被測定液の誘電率とから被測定液の液位を演算する。従って、液位を算出するための演算装置が複雑で大がかりになってしまふ。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開昭63-79016号公報

発明の概要

[0012] 本発明は、複雑な演算装置を設けることなく、被測定液の誘電率や温度が変化しても高精度で液位を検出することができる液位センサを提供する。

[0013] 本発明に係る液位センサは、常に被測定液中にある第1の検出電極と、被測定液の液位を測定する第2の検出電極と、常に被測定液外にある第3の検出電極を検出部に設けるとともに、第2の検出電極が被測定液中に浸漬されている部分の長さが第2の検出電極の全長に対する比に比例する時間だけ充電し、かつ第2の検出電極が被測定液外にある部分の長さが第2の検出電極

の全長に対する比に比例する時間だけ充電された電荷を放電するという動作を繰り返す回路を備えたものである。この構成によれば、複雑な演算装置を設けることなく、被測定液の誘電率や温度等が変化しても常に液位に比例する電圧を出力することができ、これにより、容易に高感度の液位センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける検出部の正面図である。

[図2]図2は本発明の実施の形態1に係る液位センサの検出回路図である。

[図3A]図3Aは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3B]図3Bは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3C]図3Cは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3D]図3Dは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3E]図3Eは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3F]図3Fは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3G]図3Gは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図3H]図3Hは本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作を説明するための波形図である。

[図4]図4は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1:4の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図5]図5は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：1の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図6]図6は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が4：1の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図7]図7は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4で、充電時間と放電時間が20%長くなった場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図8]図8は本発明の実施の形態2に係る液位センサの検出部における正面図である。

[図9]図9は本発明の実施の形態2に係る液位センサの検出回路図である。

[図10A]図10Aは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10B]図10Bは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10C]図10Cは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10D]図10Dは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10E]図10Eは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10F]図10Fは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10G]図10Gは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図10H]図10Hは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電

圧波形図である。

[図10]図10Iは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図11]図11は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1:4の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図12]図12は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1:1の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図13]図13は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が4:1の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図14]図14は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1:4で、充電時間と放電時間が20%長くなった場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図15]図15は本発明の実施の形態3に係る液位センサにおける検出部の正面図である。

[図16]図16は図1における第4の検出電極の断面図である。

[図17]図17は本発明の実施の形態3に係る液位センサの検出回路図である。

[図18A]図18Aは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18B]図18Bは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18C]図18Cは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18D]図18Dは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電

圧波形図である。

[図18E]図18Eは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18F]図18Fは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18G]図18Gは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18H]図18Hは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18I]図18Iは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図18J]図18Jは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図19A]図19Aは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19B]図19Bは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19C]図19Cは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19D]図19Dは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19E]図19Eは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19F]図19Fは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19G]図19Gは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19H]図19Hは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19I]図19Iは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図19J]図19Jは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の上端を越え、第3の検出電極の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20A]図20Aは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20B]図20Bは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20C]図20Cは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20D]図20Dは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20E]図20Eは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液

の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20F]図20Fは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20G]図20Gは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20H]図20Hは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20I]図20Iは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図20J]図20Jは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第2の検出電極の下端を越え、第1の検出電極の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[図21]図21は本発明の実施の形態4に係る液位センサの検出部における正面図である。

[図22]図22は図21における第1の検出電極の断面図である。

[図23]図23は本発明の実施の形態4に係る液位センサの検出回路図である。

[図24A]図24Aは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24B]図24Bは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24C]図24Cは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24D]図24Dは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24E]図24Eは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24F]図24Fは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24G]図24Gは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24H]図24Hは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24I]図24Iは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24J]図24Jは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24K]図24Kは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図24L]図24Lは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。

[図25]図25は本発明の実施の形態4に係る液位センサにおける第1の検出電極の静電容量と第2の検出電極の静電容量との比が4：5の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図26]図26は本発明の実施の形態4に係る液位センサにおける第2の検出電極の静電容量が5%上昇した場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図27]図27は本発明の実施の形態4に係る液位センサにおける第1の検出電極の静電容量と第2の検出電極の静電容量とがともに10%上昇した場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図28]図28は本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける検出部の正

面図である。

[図29]図29は図28における第2の検出電極の断面図である。

[図30]図30は本発明の実施の形態5に係るセ液位ンサの検出回路図である。

[図31A]図31Aは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31B]図31Bは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31C]図31Cは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31D]図31Dは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31E]図31Eは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31F]図31Fは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31G]図31Gは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31H]図31Hは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31I]図31Iは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31J]図31Jは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31K]図31Kは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31L]図31Lは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図31M]図31Mは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。

[図32]図32は本発明に実施の形態5に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。

[図33]図33は従来の液位センサの検出部の正面図である。

[図34]図34は従来の液位センサの検出回路図である。

発明を実施するための形態

[0015] (実施の形態1)

以下、本発明の実施の形態1に係る液位センサについて、図面を参照しながら説明する。

[0016] 図1は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける検出部の正面図である。図1において、上下に延びる長方形のポリイミドフィルム等からなる検出部21の下端部には櫛歯形状のカーボンからなる一对の第1の検出電極22が設けられている。また、検出部21の中央には櫛歯形状のカーボンからなる一对の第2の検出電極23が設けられている。さらに、検出部21の上端部には同様に櫛歯形状のカーボンからなる一对の第3の検出電極24が設けられている。そして、第1、第2、第3の検出電極22、23、24は、上下に延びるリード線25によって端子26、27、28、29に接続されている。

[0017] 図2は本発明の実施の形態1に係る液位センサの検出回路図である。図2において、検出部21の端子26はGND電位からなる第1の電位30に接続される。検出部21の端子27、28、29は、それぞれ抵抗31、32、33を介して5Vの電源電位からなる第2の電位34と接続される。これにより、第1の検出電極22、第2の検出電極23、第3の検出電極24が、それぞれ抵抗31、32、33に接続される。この時、第1、第2、第3の検出電極22、23、24がすべて被測定液外にある状態で第1の検出電極22の電極間容量と抵抗31で決まる時定数と、第2の検出電極23の電

極間容量と抵抗32で決まる時定数と、第3の検出電極24の電極間容量と抵抗33で決まる時定数とは、実質的に等しくなるようにしている。

[0018] 抵抗31と第1の検出電極22との第1の中点電位はコンパレータからなる第1の比較部35において、抵抗36、37により与えられる閾値と比較される。同様に、抵抗32と第2の検出電極23との第2の中点電位および抵抗33と第3の検出電極24との第3の中点電位は、それぞれコンパレータからなる第2の比較部38および第3の比較部39において、抵抗36、37により与えられる閾値と比較される。

[0019] そして、第1、第2、第3の比較部35、38、39の出力信号は、論理素子やフリップフロップからなる論理回路40に入力される。この論理回路40の後段には、論理回路40の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチ41と第2のアナログスイッチ42が設けられている。また、第4の抵抗43の一端が第1のアナログスイッチ41と第2のアナログスイッチ42との中点に接続され、かつ、他端が出力端子44に接続されている。さらに、コンデンサ45の一端が第1の電位30と接続され、かつ、他端が第4の抵抗43と出力端子44との間に接続されている。

[0020] このようにして、本発明の実施の形態1に係る液位センサの電子回路が構成されている。

[0021] 次に、図3A～図3Hを用いて、本発明の実施の形態1に係る液位センサの回路動作について説明する。

[0022] 図3A～図3Hは本発明の実施の形態1に係る液位センサの各部の電圧波形を示す。図1で示す液位センサの検出部21を図示していないオイルパン中のエンジンオイル等の被測定液に浸漬する。この時、第1の検出電極22は常に被測定液中に浸漬され、かつ第3の検出電極24は常に被測定液外に配置される。そして、第2の検出電極23は被測定液面と交差し、液中に浸漬する部分は液位の昇降に伴って増減する。

[0023] 電源投入前の初期状態(t0)においては、第1、第2、第3の検出電極22、23、24間に電荷が存在しない。よって、抵抗31と第1の検出電

極 2 2 との第 1 の中点電位、抵抗 3 2 と第 2 の検出電極 2 3 との第 2 の中点電位、および抵抗 3 3 と第 3 の検出電極 2 4 との第 3 の中点電位は、すべて第 1 の電位 3 0 (V_1) に等しい。

- [0024] 図 3 Aにおいて、電源が投入されると抵抗 3 3 と第 3 の検出電極 2 4 との第 3 の中点電位は、第 1 の電位 3 0 (V_1) から第 2 の電位 3 4 (V_2) に向かって、抵抗 3 3 と第 3 の検出電極 2 4 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。
- [0025] 図 3 Bにおいて、抵抗 3 2 と第 2 の検出電極 2 3 との第 2 の中点電位は、第 1 の電位 3 0 (V_1) から第 2 の電位 3 4 (V_2) に向かって、抵抗 3 2 と第 2 の検出電極 2 3 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第 2 の検出電極 2 3 の一部は被測定液中にあるため、抵抗 3 2 と第 2 の検出電極 2 3 の静電容量とで決まる時定数は、抵抗 3 3 と第 3 の検出電極 2 4 とで決まる時定数よりも大きくなる。
- [0026] 図 3 Cにおいて、抵抗 3 1 と第 1 の検出電極 2 2 との第 1 の中点電位は、第 1 の電位 3 0 (V_1) から第 2 の電位 3 4 (V_2) に向かってそれぞれ抵抗 3 1 と第 1 の検出電極 2 2 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第 1 の検出電極 2 2 は常に被測定液中に浸漬されているため、抵抗 3 1 と第 1 の検出電極 2 2 の静電容量とで決まる時定数は、抵抗 3 2 と第 2 の検出電極 2 3 とで決まる時定数よりも大きくなる。
- [0027] 図 3 Dにおいて、抵抗 3 3 と第 3 の検出電極 2 4 との第 3 の中点電位が抵抗 3 6、3 7 で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第 3 の比較部 3 9 の出力は、ハイからローに遷移する (t 1)。
- [0028] 図 3 Eにおいて、抵抗 3 2 と第 2 の検出電極 2 3 との第 2 の中点電位が抵抗 3 6、3 7 で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第 2 の比較部 3 8 の出力は、ハイからローに遷移する (t 2)。
- [0029] 図 3 Fにおいて、抵抗 3 1 と第 1 の検出電極 2 2 との第 1 の中点電位が抵抗 3 6、3 7 で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第 1 の比較部 3 5 の出力は、ハイからローに遷移する。同時に、第 1、第 2

、第3の検出電極22、23、24に蓄積された電荷が、オープンコレクタ構成である素子46を介して第1の電位30(V_1)に放電される。よって、抵抗31と第1の検出電極22との第1の中点電位、抵抗32と第2の検出電極23との第2の中点電位および抵抗33と第3の検出電極24との第3の中点電位は、すべて第1の電位30(V_1)に戻る。さらに、第1、第2、第3の比較部35、38、39の出力は、それぞれ図3F、図3E、図3Dに示すようにローからハイに遷移する(t3)。

- [0030] その後、抵抗33と第3の検出電極24との第3の中点電位、抵抗32と第2の検出電極23との第2の中点電位、抵抗31と第1の検出電極22との第1の中点電位は、再び第1の電位30(V_1)から第2の電位34(V_2)に向かってそれぞれ図3A、図3B、図3Cに示すように、抵抗33と第3の検出電極24の電極間容量、抵抗32と第2の検出電極23の電極間容量、抵抗31と第1の検出電極22の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。
- [0031] 抵抗33と第3の検出電極24との第3の中点電位が抵抗36、37で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第3の比較部39の出力は図3Dに示すようにハイからローに遷移する(t4)。

[0032] これと同様に、抵抗32と第2の検出電極23との第2の中点電位が抵抗36、37で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第2の比較部38の出力は図3Eに示すようにハイからローに遷移する(t5)。

[0033] また、抵抗31と第1の検出電極22との第1の中点電位が抵抗36、37で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第1の比較部35の出力は図3Fに示すようにハイからローに遷移する。同時に、第1、第2、第3の検出電極22、23、24に蓄積された電荷が、オープンコレクタ構成である素子46を介して第1の電位30に放電される。よって、抵抗31と第1の検出電極22との第1の中点電位、抵抗32と第2の検出電極23との第2の中点電位および抵抗33と第3の検出電極24との第3

の中点電位は、すべて第1の電位30 (V_1) に戻る。さらに、第1、第2、第3の比較部35、38、39の出力は、それぞれ図3F、図3D、図3Eに示すようにローからハイに遷移する (t6)。以後、同じ動作を繰り返す。

- [0034] 上記第1、第2、第3の比較部35、38、39の出力信号は、論理素子やフリップフロップからなる論理回路40に入力される。そして、第1のアナログスイッチ41には、図3Gに示す信号が出力される。また、第2のアナログスイッチ42には、図3Hに示す信号が出力される。
- [0035] この場合、第1のアナログスイッチ41に入力される信号がハイの時、第1のアナログスイッチ41は「開」、ローの時、「閉」となる。また、第2のアナログスイッチ42に入力される信号がハイの時、第2のアナログスイッチ42は「閉」、ローの時、「開」となる。
- [0036] これにより、時間 $t_1 \sim t_2$ および $t_4 \sim t_5$ においては、第1のアナログスイッチ41が「閉」で第2のアナログスイッチ42が「開」となるため、第2の電位34から第4の抵抗43を通してコンデンサ45が充電される。また、時間 $t_2 \sim t_3$ および $t_5 \sim t_6$ においては、第1のアナログスイッチ41が「開」で第2のアナログスイッチ42が「閉」となるため、コンデンサ45に蓄積された電荷が第4の抵抗43を通して第1の電位30 (V_1) に放電される。
- [0037] また、時間 $t_0 \sim t_1$ および $t_3 \sim t_4$ においては、第1のアナログスイッチ41、第2のアナログスイッチ42がともに「開」となるため、コンデンサ45に蓄積された電荷は保存される。このようにして、第2の検出電極23が被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定外にある部分の長さにより決まる時間だけ第1のアナログスイッチ41と第2のアナログスイッチ42とを交互に開閉してコンデンサ45を充放電することにより、被測定液の液位をアナログ電圧として出力端子44に出力することができるものである。
- [0038] 以上の回路動作について数式を用いてさらに説明する。簡単に説明するた

め、第1、第2、第3の検出電極22、23、24が被測定液外にある時の単位長さ当たりの静電容量をC₀、抵抗31、33の抵抗値をr₁、抵抗32の抵抗値をr₂、第1、第3の検出電極22、24の長さをA、第2の検出電極23の長さをB、被測定液の比誘電率をε_rとし、第2の検出電極23が被測定液中に浸漬されている長さをαB、被測定液外にある長さを(1-α)Bとする。但し、αは0から1までの任意の正数である。また、第1の電位30(V₁)を0[V]、第2の電位34(V₂)をV_{dd}[V]とする。この時、第1の検出電極22と抵抗31とで決まる時定数は次の(式1)で表される。

[0039] [数1]

$$C_0 A r_1 \varepsilon_r \quad \dots \text{(式1)}$$

[0040] 第2の検出電極23と抵抗32とで決まる時定数は次の(式2)で表される。

[0041] [数2]

$$C_0 B r_2 [\alpha \varepsilon_r + (1 - \alpha)] \quad \dots \text{(式2)}$$

[0042] 第3の検出電極24と抵抗33とで決まる時定数は次の(式3)で表される。

[0043] [数3]

$$C_0 A r_1 \quad \dots \text{(式3)}$$

[0044] ここでは、上記したように、第1、第2、第3の検出電極22、23、24がすべて被測定液外にある状態で第1の検出電極22の電極間容量と抵抗31で決まる時定数と、第2の検出電極23の電極間容量と抵抗32で決まる時定数と、第3の検出電極24の電極間容量と抵抗33で決まる時定数とが実質的に等しくなるようにしている。従って、

$$C_0 A r_1 = C_0 B r_2$$

となる。この値を改めてDとおく。

[0045] 電源が投入されると、抵抗33と第3の検出電極24との第3の中点電位V_{n3}は、次の（式4）に示す式で表される。

[0046] [数4]

$$V_{n3} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{t}{D}} \right) \quad \dots \text{(式4)}$$

[0047] この式から図3A～図3Hにおけるt1は次の（式5）で表される。

[0048] [数5]

$$t1 = -D \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \dots \text{(式5)}$$

[0049] 抵抗32と第2の検出電極23との第2の中点電位V_{n2}は、次の（式6）で表される。

[0050] [数6]

$$V_{n2} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{1}{D(\alpha\varepsilon_r + 1 - \alpha_r)}} \right) \quad \dots \text{(式6)}$$

[0051] この式6から図3A～図3Hにおけるt2は次の（式7）で表される。

[0052] [数7]

$$t2 = -D(\alpha\varepsilon_r + 1 - \alpha) \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \dots \text{(式7)}$$

[0053] これによって、コンデンサ45が充電される時間T_cは次の（式8）で表さ

れる。

[0054] [数8]

$$T_c = t2 - t1 = -D\alpha(\varepsilon_r - 1)\ln\left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}}\right) \dots \text{(式8)}$$

[0055] コンデンサ45が放電される時間 T_d は次の（式9）で表される。

[0056] [数9]

$$T_d = t3 - t2 = -D(1 - \alpha)(\varepsilon_r - 1)\ln\left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}}\right) \dots \text{(式9)}$$

[0057] 上記（式8）と（式9）から、充電時間 T_c は第2の検出電極23が被測定液に浸漬されている部分の長さ αB に比例し、放電時間 T_d は第2の検出電極23が被測定液外にある部分の長さにより決まることが分かる。さらに、被測定液の誘電率 ε_r が温度変化や被測定液の劣化変性等によって変化したり、温度変化に伴う被測定液の蒸気圧の変化等によりC_o、すなわちDが変化したりしても、 T_c および T_d は変化するものの、 T_c と T_d の比は変化しないことが分かる。

[0058] 次に、出力端子44に現れる出力電圧 V_o を数式で表す。図2に示す回路では図3A～図3Hで説明したように、t0～t1、t3～t4等の期間では第1、第2のアナログスイッチ41、42はともに「開」である。よって、コンデンサ45に蓄積された電荷は変化せず、かつ出力電圧 V_o も変化しない。

[0059] 以下においては、これらの期間を無視し、充電時間 T_c 、放電時間 T_d が繰り返された場合の出力電圧の変化を考える。電源投入直後の出力電圧は0[V]とする。第4の抵抗43の抵抗をR、コンデンサ45の容量をCとすると、第1回目の充電後の出力電圧 V_{1c} は、次の（式10）で表される。

[0060]

[数10]

$$V_{1c} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \cdots (\text{式 } 10)$$

[0061] 第1回目の放電後の出力電圧 V_{1d} は、次の（式11）で表される。

[0062] [数11]

$$V_{1d} = V_{1c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \cdots (\text{式 } 11)$$

[0063] 第2回目の充電後の出力電圧 V_{2c} は、次の（式12）で表される。

[0064] [数12]

$$V_{2c} = V_{1d} + (V_{dd} - V_{1d}) \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \cdots (\text{式 } 12)$$

[0065] 第2回目の放電後の出力電圧 V_{2d} は、次の（式13）で表される。

[0066] [数13]

$$V_{2d} = V_{2c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \cdots (\text{式 } 13)$$

[0067] さらに、第3回目の充電後の出力電圧 V_{3c} 、放電後の出力電圧 V_{3d} は、次の（式14）、（式15）で表される。

[0068] [数14]

$$V_{3c} = V_{2d} + (V_{dd} - V_{2d}) \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \cdots (\text{式 } 14)$$

[0069] [数15]

$$V_{3d} = V_{3c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式15)}$$

[0070] 以下、同様にして充電、放電後の出力電圧を求めることができる。図4～図7は第4の抵抗43の抵抗Rを500kΩ、コンデンサ45の容量Cを100pFとした時の出力電圧 V_o を計算したものである。

[0071] 図4は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図4において、充電時間 T_c を1μ秒とし、放電時間 T_d を4μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極42の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。ほぼ500μ秒経過後、1[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.04[V]のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られることが分かる。このリップルは適当なローパスフィルタを使用することにより除去することができる。

[0072] 図5は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図5において、充電時間 T_c を2.5μ秒とし、放電時間 T_d を2.5μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極42の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。ほぼ500μ秒経過後、2.5[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.06[V]のリップルが重畠され出力電圧 V_o が得られることが分かる。

[0073] 図6は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比

が4：1の場合の出力電圧の時間変化を示す特性図である。図6において、充電時間 T_c を4μ秒とし、放電時間 T_d を1μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極42の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が4：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。ほぼ500μ秒経過後、4[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.04[V]のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られることが分かる。このように、出力端子44には第2の検出電極23が被測定液中に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さの比に比例した出力電圧 V_o が発生する。

[0074] 図7は本発明の実施の形態1に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4で、充電時間と放電時間が20%長くなった場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図7において、充電時間 T_c を4.8μ秒とし、放電時間 T_d を1.2μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d が図6の場合よりもそれぞれ20%長くなつた場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。この図7においては、ほぼ500μ秒経過後、4[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.05[V]のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られることが分かる。すなわち、被測定液の誘電率 ϵ_r が温度変化や被測定液の劣化変性等によって変化したり、温度変化に伴い被測定液の蒸気圧の変化等により C_o 、すなわちDが変化したりして、 T_c および T_d が変化しても、 T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極23が被測定液中に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さの比が一定であれば出力電圧 V_o の直流成分は変化しないことが分かる。

[0075] 以上より、本発明の実施の形態1に係る液位センサは、複雑な演算装置を設けることなく、被測定液の誘電率や温度が変化しても自動的に常に被測定液の液位に比例する電圧を出力することができる。これにより、容易に高感度の液位センサを提供することができる。

[0076] (実施の形態2)

以下、本発明の実施の形態2に係る液位センサについて、図面を参照しながら説明する。

[0077] 図8は本発明の実施の形態2に係る液位センサの検出部における正面図である。図8において、上下に延びる長方形のポリイミドフィルム等からなる検出部221の下端部には櫛歯形状のカーボンからなる一対の第1の検出電極222が設けられている。また、検出部221の中央には櫛歯形状のカーボンからなる一対の第2の検出電極223が設けられている。さらに、検出部221の上端部には同様に櫛歯形状のカーボンからなる一対の第3の検出電極224が設けられている。そして、第1、第2、第3の検出電極222、223、224は上下に延びる共通引出し線225と各々の引出し線226、227、228によって端子229、230、231、232に接続されている。第1の検出電極22の引出し線226と同方向に配置した第1のキャンセル電極233は、検出部221の上端部から第1の検出電極222の上端部にわたって設けられている。また、第1のキャンセル電極233と第1の検出電極222の引出し線226との距離は共通引出し線225と第1の検出電極の引出し線226に実質的に等しくなるようにしている。さらに、第1のキャンセル電極233は端子234に接続されている。

[0078] 図9は本発明の実施の形態2に係る液位センサの検出回路図である。図9において、検出部221の端子229にはパルス発生回路235からのパルスが入力される。検出部221の端子230は第1の抵抗236の一端に接続される。そして、検出部221の端子234にはパルスを反転させた信号が入力される。この検出回路ではパルス発生回路235の最終段にあるNORゲートの入力から分岐させた信号が検出部221の端子234に入力されている。また、第1の抵抗236の他端は第1の差動増幅回路237の出力側に接続される。そして、第1の差動増幅器237の一端子には端子230と第1の抵抗236との第1の節点電位が入力される。かつ、+端子には抵抗238、239、240、241から決定される第1の閾値が入力される。同様に、検出部221の端子231、232はそれぞれ第2、第3の抵抗

242、243の一端に接続される。また、第2、第3の抵抗242、243の他端は第2、第3の差動増幅器244、245の出力側に接続される。そして、第2、第3の差動増幅器244、245の一端子にはそれぞれ端子231と第2の抵抗242との第2の節点電位、端子232と第3の抵抗243との第3の節点電位が入力される。かつ、+端子には抵抗238、239、240、241から決定される第1の閾値が入力される。本発明の実施の形態2においてはこの第1の閾値を電源電圧の1/2としている。さらに、各々の差動増幅器の入出力間にはダイオードと抵抗とが直列に接続されている。

[0079] このような構成により、第1の検出電極222、第2の検出電極223、第3の検出電極224が、それぞれ第1の抵抗236、第2の抵抗242、第3の抵抗243と第1の差動増幅器237、第2の差動増幅器244、第3の差動増幅器245とに接続される。この時、第1、第2、第3の検出電極222、223、224がすべて被測定液外にある状態で第1の検出電極222の電極間容量と第1の抵抗236とで決まる時定数と、第2の検出電極223の電極間容量と第2の抵抗242とで決まる時定数と、第3の検出電極224の電極間容量と第3の抵抗243とで決まる時定数とは実質的に等しくなるようにしている。

[0080] また、第1の差動増幅器237の出力電位は第1の比較部246において、抵抗238、239、240、241から決定される第2の閾値と比較される。同様に、第2の差動増幅器244の出力電位および第3の差動増幅器245の出力電位は、それぞれコンパレータからなる第2の比較部247および第3の比較部248において、抵抗238、239、240、241からなる第2の閾値と比較される。本発明の実施の形態2においてはこの第2の閾値を電源電圧の1/4としている。

[0081] そして、第1、第2、第3の比較部246、247、248の出力信号は論理素子やフリップフロップからなる論理回路249に入力される。この論理回路249の後段には論理回路249の出力信号に基づいて開閉制御され

る第1のアナログスイッチ250と第2のアナログスイッチ251とが、第1の電位252と第2の電位253との間に設けられている。第4の抵抗254は、その一端が第1のアナログスイッチ250と第2のアナログスイッチ251との中点に接続されている。かつ、その他端が出力端子255に接続されている。また、コンデンサ56は、その一端が第1の電位252と接続され、かつ他端が第4の抵抗54と出力端子55との間に接続されている。

[0082] 次に、本発明の実施の形態2に係る液位センサの回路動作について説明する。図10A～図10Iは本発明の実施の形態2に係る液位センサの各部における電圧波形図である。図8で示した液位センサの検出部221が図示していないオイルパン中のエンジンオイル等の被測定液に浸漬される。この時、第1の検出電極222は常に被測定液中に浸漬され、かつ第3の検出電極224は常に被測定液外に配置される。そして、第2の検出電極223は被測定液面と交差し、かつ液中に浸漬する部分は液位の昇降に伴って増減する。

[0083] 電源投入前の初期状態($t=0$)においては、第1、第2、第3の検出電極222、223、224間に電荷が存在しない。よって、抵抗236と第1の検出電極222との第1の節点電位、抵抗242と第2の検出電極223との第2の節点電位および抵抗243と第3の検出電極224との第3の節点電位はすべて第1の電位52(V_1)と等しい。

[0084] 図10Aにおいて、電源が投入されると($t=0$)、検出部221の端子229にはパルス発生回路235からのパルスが入力される。

[0085] 図10Bにおいて、このパルスにより、第3の差動增幅器245の出力電位は第1の電位252(V_1)から第2の電位253(V_2)に向かって、第3の抵抗243と第3の検出電極224の電極間容量とで決まる時定数で指數関数的に上昇する。

[0086] 図10Cにおいて、第2の差動增幅器244の出力電位は、第1の電位252(V_1)から第2の電位253(V_2)に向かって、第2の抵抗242と

第2の検出電極223の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第2の検出電極223の一部は被測定液中にあるため、第2の抵抗242と第2の検出電極223の静電容量とで決まる時定数は、第3の抵抗243と第3の検出電極224とで決まる時定数よりも大きくなる。

[0087] 図10Dにおいて、第1の差動増幅器237の出力電位は、第1の電位252 (V_1) から第2の電位253 (V_2) に向かって、第1の抵抗236と第1の検出電極222の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第1の検出電極222は常に被測定液中に浸漬されている。よって、第1の抵抗236と第1の検出電極222の静電容量とで決まる時定数は、第2の抵抗242と第2の検出電極223とで決まる時定数よりも大きくなる。

[0088] ここで、検出部221の端子229、230間に第1の検出電極222による静電容量に蓄積される電荷と、共通引出し線225と第1の検出電極222の引出し線26による静電容量に蓄積される電荷が存在する。そして、共通引出し線225と第1の検出電極222の引出し線226による静電容量は被測定液の液位によって変化するために、見かけ上、第1の検出電極222の静電容量が増加したかのように測定される。その結果、被測定液の液位測定に誤差が生ずる。

[0089] 本発明の実施の形態2においては、第1のキャンセル電極233と第1の検出電極222の引出し線226との距離を、共通引出し線225と第1の検出電極222の引出し線226との距離と実質的に等しくすることにより、各々の静電容量が実質的に等しくなるようにしている。また、検出部221の端子234にパルス発生回路235の出力信号を反転させた信号が入力される。

[0090] この構成によれば、第1の検出電極222の引出し線226と共に引出し線225間に蓄積された電荷と実質的に等量で符号の逆の電荷が、第1の検出電極222の引出し線226と第1のキャンセル電極233間に蓄積される。よって、第1の検出電極222の引出し線226と共に引出し線225

間に蓄積された電荷はキャンセルされる。これにより、第1の検出電極222で検出される被測定液の静電容量が被測定液の液位に影響されることが解消される。

- [0091] 図10Eにおいて、第3の抵抗243と第3の検出電極224との第3の節点電位が抵抗238、239、240、241で決められる第1の閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第3の比較部248の出力はハイからローに遷移する(t1)。
- [0092] 図10Fにおいて、第2の抵抗242と第2の検出電極223との第2の節点電位が抵抗238、239、240、241で決められる第1の閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第2の比較部247の出力はハイからローに遷移する(t2)。
- [0093] 図10Gにおいて、第1の抵抗236と第1の検出電極222との第1の節点電位が抵抗238、239、240、241で決められる第1の閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第1の比較部246の出力はハイからローに遷移する。同時に、パルス発生回路235からのパルス発生を停止させる。よって、第1の差動增幅器237、第2の差動增幅器244、第3の差動增幅器245の出力電圧は第2の電位(V_1)まで上昇する(t3)。
- [0094] その後、第1の差動增幅器237、第2の差動增幅器244、第3の差動增幅器245の入出力間に接続されているダイオードがオンする。すると、各差動增幅器の出力電圧は急速に低下する。そして、各差動增幅器の+入力に与えられている第1の閾値電位に達すると、各差動增幅器の出力は第1の電位252(V_1)に戻る。同時に、第1、第2、第3の比較部246、247、248の出力は、それぞれ図10G、図10F、図10Eに示すように、ローからハイに遷移する。また、図10Aに示すように、パルス発生回路235からパルスが発生して検出部221の端子229に入力される(t4)。
- [0095] さらにその後、第1の差動增幅器237、第2の差動增幅器244、第3

の差動増幅器 245 の出力電位は、再び第 1 の電位 252 (V_1) から第 2 の電位 253 (V_2) に向かって上昇する。すなわち、それぞれ図 10D、図 10C、図 10B に示すように、第 3 の抵抗 243 と第 3 の検出電極 224 の電極間容量、第 2 の抵抗 242 と第 2 の検出電極 223 の電極間容量、第 1 の抵抗 236 と第 1 の検出電極 222 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。以後、 t_0 から t_4 の区間と同じ動作を繰り返す。

- [0096] 図 10H、図 10Iにおいて、上記第 1、第 2、第 3 の比較部 246、247、248 の出力信号は論理素子やフリップフロップからなる論理回路 249 に入力される。そして、第 1 のアナログスイッチ 250 には図 10H に示す信号が出力される。また、第 2 のアナログスイッチ 251 には図 10I に示す信号が出力される。
- [0097] 第 1 のアナログスイッチ 250 に入力される信号がハイの時、第 2 のアナログスイッチ 251 は「閉」となり、第 1 のアナログスイッチ 250 に入力される信号がローの時、第 2 のアナログスイッチ 251 は「開」となる。
- [0098] また、第 2 のアナログスイッチ 251 に入力される信号がハイの時、第 1 のアナログスイッチ 250 は「閉」となり、第 2 のアナログスイッチ 251 に入力される信号がローの時、第 1 のアナログスイッチ 250 は「開」となる。
- [0099] これにより、時間 $t_1 \sim t_2$ および $t_5 \sim t_6$ においては、第 1 のアナログスイッチ 250 が「閉」で第 2 のアナログスイッチ 251 が「開」となる。よって、第 2 の電位 253 から第 4 の抵抗 254 を通してコンデンサ 256 が充電される。そして、時間 $t_2 \sim t_3$ および $t_6 \sim t_7$ においては、第 1 のアナログスイッチ 250 が「開」で第 2 のアナログスイッチ 251 が「閉」となる。よって、コンデンサ 256 に蓄積された電荷が、第 4 の抵抗 253 を通じて第 1 の電位 252 (V_1) に放電される。
- [0100] また、時間 $t_0 \sim t_1$ および $t_3 \sim t_5$ 等においては、第 1 のアナログスイッチ 250、第 2 のアナログスイッチ 251 がともに「開」となる。よって、コンデンサ 255 に蓄積された電荷は保存される。

[0101] このようにして、第2の検出電極223が被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さにより決まる時間だけ第1のアナログスイッチ250と第2のアナログスイッチ251とを交互に開閉してコンデンサ256を充放電することにより、被測定液の液位をアナログ電圧として出力端子255に出力することができる。

[0102] 以上の回路動作について、数式を用いてさらに説明する。第1、第2、第3の検出電極222、223、224が被測定液外にある時の単位長さ当たりの静電容量を C_0 、第1の抵抗236、第3の抵抗243の抵抗値を r_1 、第2の抵抗242の抵抗値を r_2 、第1の検出電極222、第3の検出電極224の長さをA、第2の検出電極223の長さをB、被測定液の比誘電率を ϵ_r とする。また、第2の検出電極223が被測定液中に浸漬されている長さを αB 、被測定液外にある長さを $(1 - \alpha) B$ とする。

[0103] 但し、 α は0から1までの任意の正数である。また第1の電位252(V_1)を0[V]、第2の電位253(V_2)を V_{dd} [V]とする。この時、第1の検出電極222と第1の抵抗236とで決まる時定数は次の(式16)で表される。

[0104] [数16]

$$C_0 A r_1 \epsilon_r \quad \dots \text{(式16)}$$

[0105] 第2の検出電極223と抵抗242とで決まる時定数は次の(式17)で表される。

[0106] [数17]

$$C_0 B r_2 [\alpha \epsilon_r + (1 - \alpha)] \quad \dots \text{(式17)}$$

[0107] 第3の検出電極224と抵抗243とで決まる時定数は次の(式18)で表される。

[0108]

[数18]

$$C_0 A r_1 \quad \dots \text{ (式 1 8)}$$

[0109] ここでは、上記したように、第1、第2、第3の検出電極222、223、224がすべて被測定液外にある状態で第1の検出電極222の電極間容量と抵抗236とで決まる時定数と、第2の検出電極223の電極間容量と抵抗242とで決まる時定数と、第3の検出電極224の電極間容量と抵抗243とで決まる時定数とが実質的に等しくなるようにしているため、

$$C_0 A r_1 = C_0 B r_2$$

となる。この値を改めてDとおく。

[0110] 電源が投入されると抵抗243と第3の検出電極224との第3の節点電位V_{n3}は次の（式19）に示す式で表される。

[0111] [数19]

$$V_{n3} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{t}{D}} \right) \quad \dots \text{ (式 1 9)}$$

[0112] この式からt1は次の（式20）で表される。

[0113] [数20]

$$t1 = -D \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \dots \text{ (式 2 0)}$$

[0114] 同様に、抵抗242と第2の検出電極223との第2の節点電位V_{n2}は、次の（式21）で表される。

[0115]

[数21]

$$V_{n2} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{1}{D(\alpha\varepsilon_r + 1 - \alpha_r)}} \right) \quad \cdots (\text{式21})$$

[0116] この式から t_2 は次の（式22）で表される。

[0117] [数22]

$$t_2 = -D(\alpha\varepsilon_r + 1 - \alpha) \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \cdots (\text{式22})$$

[0118] これによって、コンデンサ256が充電される時間 T_c は次の（式23）で表される。

[0119] [数23]

$$T_c = t_2 - t_1 = -D\alpha(\varepsilon_r - 1) \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \cdots (\text{式23})$$

[0120] 上記と同様にして、コンデンサ256が放電される時間 T_d は次の（式24）で表される。

[0121] [数24]

$$T_d = t_3 - t_2 = -D(1 - \alpha)(\varepsilon_r - 1) \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \cdots (\text{式24})$$

[0122] 上記の（式23）と（式24）から、充電時間 T_c は第2の検出電極223が被測定液に浸漬されている部分の長さ αB に比例し、放電時間 T_d は第2の検出電極223が被測定液外にある部分の長さにより決まることが分かる。さらに、被測定液の誘電率 ε_r が温度変化や被測定液の劣化変性等によって変

化したり、温度変化に伴う被測定液の蒸気圧の変化等により C_0 、すなわち D で変化したりしても、 T_c および T_d は変化するものの、 T_c と T_d の比は変化しないことが分かる。

[0123] 次に、出力端子 255 に現れる出力電圧 V_o を数式で表す。図 9 に示す回路では図 10A～図 10I で説明したように、 $t_0 \sim t_1$ 、 $t_3 \sim t_6$ 等の期間では第 1、第 2 のアナログスイッチ 250、251 はともに「開」である。よって、コンデンサ 256 に蓄積された電荷は変化せず、かつ出力電圧 V_o も変化しない。

[0124] ゆえに、以下においては、これらの期間を無視し、充電時間 T_c 、放電時間 T_d が繰り返された場合の出力電圧の変化を考える。電源投入直後の出力電圧は 0 [V] とする。第 4 の抵抗 254 の抵抗を R 、コンデンサ 256 の容量を C とすると、第 1 回目の充電後の出力電圧 V_{1c} は次の（式 25）で表される。

[0125] [数 25]

$$V_{1c} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \dots \text{ (式 25)}$$

[0126] 第 1 回目の放電後の出力電圧 V_{1d} は次の（式 26）で表される。

[0127] [数 26]

$$V_{1d} = V_{1c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式 26)}$$

[0128] 第 2 回目の充電後の出力電圧 V_{2c} は次の（式 27）で表される。

[0129] [数 27]

$$V_{2c} = V_{1d} + (V_{dd} - V_{1d}) \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \dots \text{ (式 27)}$$

[0130] 第2回目の放電後の出力電圧 V_{2d} は次の（式28）で表される。

[0131] [数28]

$$V_{2d} = V_{2c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式28)}$$

[0132] さらに第3回目の充電後の出力電圧 V_{3c} 、放電後の出力電圧 V_{3d} は次の（式29）、（式30）で表される。

[0133] [数29]

$$V_{3c} = V_{2d} + (V_{dd} - V_{2d}) \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \dots \text{ (式29)}$$

[0134] [数30]

$$V_{3d} = V_{3c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式30)}$$

[0135] 以下、上記と同様にして充電、放電後の出力電圧を求めることができる。

図11～図14は第4の抵抗254の抵抗Rを500kΩ、コンデンサ256の容量Cを100pFとした時の出力電圧 V_o を計算したものである。

[0136] 図11は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図11において、充電時間 T_c を1μ秒とし、放電時間 T_d を4μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極223の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：4の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。ほぼ500μ秒経過後、1[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.04[V]のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られることが分かる。このリップルは適当なローパスフィルタを使用する

ことにより除去することができる。

[0137] 図12は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の、被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定液外にある部分の長さとの比が、1：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図12において、充電時間 T_c を2.5μ秒とし、放電時間 T_d を2.5μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極223の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が1：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。ほぼ500μ秒経過後、2.5[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.06[V]のリップルが重畠され出力電圧 V_o が得られる。

[0138] 図13は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の、被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定液外にある部分の長さとの比が、4：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図13において、充電時間 T_c を4μ秒とし、放電時間 T_d を1μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d の比、つまり、第2の検出電極223の被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定液外にある部分の長さとの比が、4：1の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。ほぼ500μ秒経過後、4[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.04[V]のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られる。

[0139] このように、出力端子255には第2の検出電極223が被測定液中に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さの比に比例した出力電圧 V_o が発生する。

[0140] 図14は本発明の実施の形態2に係る液位センサにおける第2の検出電極の、被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定液外にある部分の長さとの比が、1：4で、充電時間と放電時間が20%長くなった場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。図14において、充電時間 T_c を4.8μ秒とし、放電時間 T_d を1.2μ秒とした場合、すなわち T_c と T_d が図13の場合よりそれぞれ20%長くなった場合の出力電圧 V_o の時間変化を示し

たものである。ほぼ 500μ 秒経過後、4[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.05[V]のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られる。

[0141] すなわち、被測定液の誘電率 ϵ_r が温度変化や被測定液の劣化変性等によって変化したり、温度変化に伴い被測定液の蒸気圧の変化等により C_0 、すなわちDが変化したりして、 T_0 および T_d が変化しても、 T_0 と T_d の比、つまり、第2の検出電極23が被測定液中に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さの比が一定であれば出力電圧 V_o の直流成分は変化しない。

[0142] (実施の形態3)

以下、本発明の実施の形態3に係る液位センサについて、説明する。

[0143] 図15は本発明の実施の形態3に係る液位センサにおける検出部の正面図である。図15において、上下に延びる長方形のポリイミドフィルム等からなる検出部321の下部には櫛歯形状のカーボンからなる一对の第1の検出電極322が設けられている。また、第1の検出電極322の上には櫛歯形状のカーボンからなる一对の第2の検出電極323が設けられている。この第2の検出電極323の上には同様に櫛歯形状のカーボンからなる一对の第3の検出電極324が設けられている。さらに、検出部321の下端部には同じく櫛歯形状のカーボンからなる一对の第4の検出電極325が設けられている。そして、第1、第2、第3、第4の検出電極322、323、324、325は上下に延びる引き出し線によって端子326、327、328、329、330に接続されている。

[0144] 図16は図15における第4の検出電極325の16-16線での断面図である。図16において、第4の検出電極325は、対向する電極331の全体を絶縁物332を介して金属層333で覆ったもので構成されている。

[0145] このような構成とすることにより、対向する電極331間に発生する電気力線は被測定液内を通過しないので、第1の検出電極322で測定される電極331間の静電容量は被測定液の液位や被測定液が有する誘電率の影響を受けない。

[0146] 図17は本発明の実施の形態3に係る液位センサの検出回路図である。図17において、検出部321の端子326は、例えば、GND電位からなる第1の電位334に接続される。また、検出部321の端子327, 328, 329, 330はそれぞれ第1の抵抗335、第2の抵抗336、第3の抵抗337、第4の抵抗338を介して、例えば、5Vの電源電位からなる第2の電位339と接続される。これにより、第1の検出電極322、第2の検出電極323、第3の検出電極324、第4の検出電極325がそれぞれ第1の抵抗335、第2の抵抗336、第3の抵抗337、第4の抵抗338に接続される。

[0147] この時、第1、第2、第3の検出電極322, 323, 324がすべて被測定液外にある状態で第1の検出電極322の電極間容量と第1の抵抗335とで決まる時定数と、第2の検出電極323の電極間容量と第2の抵抗336とで決まる時定数と、第3の検出電極324の電極間容量と第3の抵抗337とで決まる時定数とは、実質的に等しくなるようにしている。そして、第4の検出電極325の電極間容量と第4の抵抗338とで決まる時定数は、第1の検出電極322が被測定液中に浸漬された状態で第1の検出電極322の電極間容量と第1の抵抗335とで決まる時定数よりも小さく、かつ第3の検出電極324が被測定液外にある状態で第3の検出電極324の電極間容量と第3の抵抗337とで決まる時定数よりも大きくなるように設定している。

[0148] また、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位はコンパレータからなる第1の比較部340において、抵抗341, 342から決定される閾値と比較される。同様に、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位および第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位は、それぞれコンパレータからなる第2の比較部343、第3の比較部344および第4の比較部345において、抵抗341, 342から決定される閾値と比較される。

[0149] そして、第1、第2、第3の比較部340、343、344の出力信号は論理素子からなる第1の論理回路346に入力される。さらに、第1、第3、第4の比較部340、344、345の出力信号は、論理素子とDフリップフロップとからなる第2の論理回路347に入力される。また、第1の論理回路346と第2の論理回路347との出力信号は、論理素子からなる第3の論理回路348に入力される。

[0150] 第3の論理回路348の後段には第3の論理回路348の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチ349と第2のアナログスイッチ350が設けられている。第5の抵抗351は、一端が第1のアナログスイッチ349と第2のアナログスイッチ350との中点に接続され、かつ他端が出力端子352に接続されている。コンデンサ353は一端が第1の電位334と接続され、かつ他端が第5の抵抗351と出力端子352との間に接続されている。

[0151] 次に、本発明の一実施の形態における液位センサの回路動作を説明する。

[0152] 図18A～図18Jは本発明の実施の形態3に係る液位センサの各部における電圧波形図である。図15で示した液位センサの検出部321を図示していないオイルパン中のエンジンオイル等の被測定液に浸漬する。この時、第1の検出電極322と第4の検出電極325は常に被測定液中に浸漬され、第3の検出電極324は常に被測定液外に配置され、かつ第2の検出電極323は被測定液面と交差し、かつ液中に浸漬する部分は液位の昇降に伴って増減する。

[0153] 電源投入前の初期状態(t0)においては、第1、第2、第3、第4の検出電極322、323、324、325の電極対間に電荷が存在しない。よって、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位および第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位はすべて第1の電位334と等しい。

[0154] 電源が投入されると、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位は第1の電位334から第2の電位339に向かって、第3の抵抗337と第3の検出電極324の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。また、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位は第1の電位334から第2の電位339に向かって、第2の抵抗336と第2の検出電極323の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第2の検出電極323の一部は被測定液中にあるため、第2の抵抗336と第2の検出電極323の静電容量とで決まる時定数は、第3の抵抗337と第3の検出電極324とで決まる時定数よりも大きくなる。また、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって第1の抵抗335と第1の検出電極322の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第1の検出電極322は常に被測定液中に浸漬されている。よって、第1の抵抗335と第1の検出電極322の静電容量とで決まる時定数は、第2の抵抗336と第2の検出電極323とで決まる時定数よりも大きくなる。さらに、第4の抵抗338と第4の検出電極25との第4の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって第4の抵抗338と第4の検出電極325の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第4の検出電極325の電極間容量と第4の抵抗338とで決まる時定数は、第1の検出電極322が被測定液中に浸漬された状態で第1の検出電極322の電極間容量と第1の抵抗335とで決まる時定数よりも小さく、かつ、第3の検出電極324が被測定液外にある状態で第3の検出電極324の電極間容量と第3の抵抗337とで決まる時定数よりも大きくなるように設定されている。

[0155] 図18Aにおいて、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位が抵抗341、342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第3の比較部344の出力は、ハイからローに遷移する(t1)。

- [0156] 図18Bにおいて、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第2の比較部343の出力は、ハイからローに遷移する(t3)。
- [0157] 図18Dにおいて、第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第4の比較部345の出力は、ハイからローに遷移する(t2)。
- [0158] 図18Cにおいて、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第1の比較部340の出力は、ハイからローに遷移する(t4)また、第1、第2、第3、第4の検出電極322, 323, 324, 325に蓄積された電荷がオープンコレクタ構成である素子354を介して第1の電位334に放電されるため、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位および第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位はすべて第1の電位334に戻る。かつ、第1、第2、第3、第4の比較部340, 343, 344, 345の出力は、それぞれローからハイに遷移する(t5)。
- [0159] その後、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位、第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位は、再び第1の電位334から第2の電位339に向かってそれぞれ第3の抵抗337と第3の検出電極324の電極間容量、第2の抵抗336と第2の検出電極323の電極間容量、第1の抵抗335と第1の検出電極322の電極間容量、第4の抵抗338と第4の検出電極325の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇す

る。

- [0160] 以後、第3の比較部344の出力がハイからローに遷移し（t6）、第2の比較部343の出力がハイからローに遷移し（t8）、第4の比較部345の出力がハイからローに遷移し（t7）、第1の比較部340の出力がハイからローに遷移して（t9）、同様の動作を繰り返す。
- [0161] 図18E、図18Fにおいて、上記第1、第2、第3の比較部340、343、344の出力信号は、論理素子からなる第1の論理回路346に入力される。そして、第1の論理回路346における第1のNOR素子355の出力には図18Eに示す信号が出力される。また、第2のNOR素子356の出力には、図18Fに示す信号が出力される。
- [0162] 図18G、図18Hにおいて、上記第1、第3、第4の比較部340、344、345の出力信号は、論理素子とDフリップフロップとからなる第2の論理回路347に入力される。そして、第2の論理回路347における第1のDフリップフロップ357のQの否定出力には、図18Gに示すように常時ハイの信号が出力される。また、第2のフリップフロップ358のQ出力には、図18Hに示すように常時ハイの信号が出力される。
- [0163] 図18I、図18Jにおいて、第1の論理回路346からの出力信号と第2の論理回路347からの出力信号は第3の論理回路348に入力される。第1のアナログスイッチ349には図18Iに示す信号が出力される。また、第2のアナログスイッチ350には図18Jに示す信号が出力される。
- [0164] この場合、第1のアナログスイッチ349に入力される信号がハイの時、第1のアナログスイッチ349は「閉」となり、第1のアナログスイッチ349に入力される信号がローの時、第1のアナログスイッチ349は「開」となる。また、第2のアナログスイッチ350に入力される信号がハイの時、第2のアナログスイッチ350は「閉」となり、第2のアナログスイッチ350に入力される信号がローの時、第2のアナログスイッチ350は「開」となる。
- [0165] これにより、時間t1～t3およびt6～t8、すなわち第3の比較部3

4 4 の出力がローに遷移してから第 2 の比較部 3 4 3 の出力がローに遷移するまでの期間は、第 1 のアナログスイッチ 3 4 9 が「閉」で第 2 のアナログスイッチ 3 5 0 が「開」となる。よって、第 2 の電位 3 3 9 から第 5 の抵抗 3 5 1 を通してコンデンサ 3 5 3 が充電される。また、時間 $t_3 \sim t_4$ および $t_8 \sim t_9$ 、すなわち第 2 の比較部 3 4 3 の出力がローに遷移してから第 1 の比較部 3 4 0 の出力がローに遷移するまでの期間は、第 1 のアナログスイッチ 3 4 9 が「開」で第 2 のアナログスイッチ 3 5 0 が「閉」となる。よって、コンデンサ 3 5 3 に蓄積された電荷が第 5 の抵抗 3 5 1 を通して第 1 の電位 3 3 4 に放電される。

[0166] また、その他の時間においては、第 1 のアナログスイッチ 3 4 9 、第 2 のアナログスイッチ 3 5 0 がともに「開」となる。よって、コンデンサ 3 5 3 に蓄積された電荷は保存される。

[0167] このようにして、第 2 の検出電極 3 2 2 が被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定外にある部分の長さにより決まる時間だけ第 1 のアナログスイッチ 3 4 9 と第 2 のアナログスイッチ 3 5 0 とを交互に開閉してコンデンサ 3 5 3 を充放電することにより、被測定液の液位をアナログ電圧として出力端子 3 5 2 に出力することができる。

[0168] 図 19 A ~ 図 19 J は本発明の実施の形態 3 に係る液位センサにおいて被測定液の液位が第 2 の検出電極 3 2 3 の上端を越え、そして第 3 の検出電極 3 2 4 の中央まで上昇した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

[0169] 電源投入前の初期状態 (t_0) においては、第 1 、第 2 、第 3 、第 4 の検出電極 3 2 2 , 3 2 3 , 3 2 4 , 3 2 5 の電極対間に電荷が存在しない。よって、第 1 の抵抗 3 3 5 と第 1 の検出電極 3 2 2 との第 1 の中点電位、第 2 の抵抗 3 3 6 と第 2 の検出電極 3 2 3 との第 2 の中点電位、第 3 の抵抗 3 3 7 と第 3 の検出電極 3 2 4 との第 3 の中点電位、および第 4 の抵抗 3 3 8 と第 4 の検出電極 3 2 5 との第 4 の中点電位はすべて第 1 の電位 3 3 4 に等しい。

[0170] 電源が投入されると、第 3 の抵抗 3 3 7 と第 3 の検出電極 3 2 4 との第 3

の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって、第3の抵抗337と第3の検出電極324の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって、第2の抵抗336と第2の検出電極323の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって、第1の抵抗335と第1の検出電極322の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。

[0171] この時、第3の検出電極324はその一部のみが被測定液中にあるが、第2の検出電極323と第1の検出電極322は被測定液中に浸漬されている。よって、第3の抵抗337と第3の検出電極324の静電容量とで決まる時定数は、第2の抵抗336と第2の検出電極323とで決まる時定数、第1の抵抗335と第1の検出電極322とで決まる時定数よりも小さくなる。

[0172] 図19Aにおいて、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位が抵抗341、342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第3の比較部344の出力はハイからローに遷移する(t2)。

[0173] 図19Bにおいて、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位が抵抗341、342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第2の比較部343の出力はハイからローに遷移する(t3)。

[0174] 図19Dにおいて、第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位が抵抗341、342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第4の比較部345の出力はハイからローに遷移する(t1)。

[0175] 図19Cにおいて、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の

中点電位が抵抗 341, 342 で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第 1 の比較部 340 の出力はハイからローに遷移する (t3)。

[0176] また、第 1、第 2、第 3、第 4 の検出電極 322, 323, 324, 325 に蓄積された電荷が、オープンコレクタ構成である素子 354 を介して第 1 の電位 334 に放電される。よって、第 1 の抵抗 335 と第 1 の検出電極 322 との第 1 の中点電位、第 2 の抵抗 336 と第 2 の検出電極 323 との第 2 の中点電位、第 3 の抵抗 337 と第 3 の検出電極 324 との第 3 の中点電位および第 4 の抵抗 338 と第 4 の検出電極 325 との第 4 の中点電位はすべて第 1 の電位 334 に戻る、かつ、第 1、第 2、第 3、第 4 の比較部 340, 343, 344, 345 の出力は、それぞれ図 19C、図 19B、図 19A、図 19D に示すようにローからハイに遷移する (t4)。以後、同じ動作を繰り返す (t5 ~ t9)。

[0177] 図 19E、図 19Fにおいて、上記第 1、第 2、第 3 の比較部 340, 343, 344 の出力信号は、論理素子からなる第 1 の論理回路 346 に入力される。そして、第 1 の論理回路 346 における第 1 の NOR 素子 355 の出力には、図 19E に示す信号が出力される。また、第 2 の NOR 素子 356 の出力には、図 19F に示す信号が出力される。上記第 1、第 3、第 4 の比較部 340, 344, 345 の出力信号は、論理素子と D フリップフロップとからなる第 2 の論理回路 347 に入力される。さらに、第 1 の論理回路 346 と第 2 の論理回路 347 との出力は、論理素子からなる第 3 の論理回路 348 に入力される。

[0178] この時、第 3 の比較部 344 の出力がハイからローに遷移する時刻 t2 が、第 4 の比較部 345 の出力がハイからローに遷移する時刻 t1 よりも前、すなわち、第 3 の検出電極 324 が被測定液中に浸漬している部分の長さが短い場合には、第 2 の論理回路 347 における第 1 の D フリップフロップ 357 の Q の否定出力と第 2 のフリップフロップ 358 の Q 出力とは、図 18G、図 18H と同様に常時ハイとなる。

- [0179] これにより、第1のアナログスイッチ349には図19Eの信号が、第2のアナログスイッチ350には図19Fの信号がそのまま加えられる。すると、 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_6 \sim t_7$ の時間だけ第1のアナログスイッチ349が「閉」となる。これにより、第2の電位339から第5の抵抗351を通してコンデンサ353が充電される。
- [0180] また、第2のアナログスイッチ350は常に「開」であるため、コンデンサ353に充電された電荷が放電されることはない。よって、出力端子352の出力電位は第2の電位339に等しくなる。
- [0181] 次に、図19A、図19Gに示すように、第3の比較部344の出力がハイからローに遷移する時刻 t_2 が、第4の比較部345の出力がハイからローに遷移する時刻 t_1 よりも後、すなわち、第3の検出電極324が被測定液中に浸漬している部分の長さが長くなる場合を考える。この場合、第3の検出電極324で測定される静電容量が大きくなる。よって、第3の検出電極324で測定される静電容量と第3の抵抗337とで決まる時定数が第4の検出電極325で測定される静電容量と第4の抵抗338とで決まる時定数よりも大きくなる。すると、図19G、図19Hに示すように、第2の論理回路347における第2のフリップフロップ358のQ出力はハイを保持するが、第1のDフリップフロップ357のQの否定出力は t_2 にてハイからローに遷移する。
- [0182] 第3の論理回路348から第1のアナログスイッチ349に加えられる信号は、図19Iに示すように t_2 以降ハイとなる。よって、第1のアナログスイッチ349が「閉」となり、第2の電位339から第5の抵抗351を通してコンデンサ353が充電される。また、第3の論理回路348から第2のアナログスイッチ350に加えられる信号は、図19Jに示すようにローを保持する。よって、第2のアナログスイッチ350は常に「開」となる。これにより、コンデンサ353に充電された電荷が放電されることはないため、出力端子352の出力電位は第2の電位339に等しくなる。
- [0183] 図20A～図20Jは本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいて被

測定液の液位が第2の検出電極323の下端を越え、そして第1の検出電極322の中央まで低下した時の液位センサ各部の電圧波形図である。

- [0184] 電源投入前の初期状態 (t_0)においては、第1、第2、第3、第4の検出電極322, 323, 324, 325の電極対間に電荷が存在しない。よって、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位および第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位はすべて第1の電位334に等しい。
- [0185] 電源が投入されると、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって、第3の抵抗337と第3の検出電極324の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって、第2の抵抗336と第2の検出電極323の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位は、第1の電位334から第2の電位339に向かって、第1の抵抗335と第1の検出電極322の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。
- [0186] この時、第1の検出電極322はその一部のみが被測定液中にあるが、第2の検出電極323と第3の検出電極324は被測定液外にある。よって、第1の抵抗335と第1の検出電極322の静電容量とで決まる時定数は、第2の抵抗336と第2の検出電極323とで決まる時定数、第3の抵抗337と第3の検出電極324とで決まる時定数よりも大きくなる。
- [0187] 図20Aにおいて、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第3の比較部344の出力は、ハイからローに遷移する (t_1)。

- [0188] 図20Bにおいて、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第2の比較部343の出力は、ハイからローに遷移する(t1)。
- [0189] 図20Dにおいて、第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第4の比較部345の出力は、ハイからローに遷移する(t3)。
- [0190] 図20Cにおいて、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位が抵抗341, 342で決められる閾値電圧 V_{th} に達する。すると、コンパレータからなる第1の比較部340の出力はハイからローに遷移する(t2)。
- [0191] また、第1、第2、第3、第4の検出電極322, 323, 324, 325に蓄積された電荷が、オープンコレクタ構成である素子354を介して第1の電位334に放電される。よって、第1の抵抗335と第1の検出電極322との第1の中点電位、第2の抵抗336と第2の検出電極323との第2の中点電位、第3の抵抗337と第3の検出電極324との第3の中点電位および第4の抵抗338と第4の検出電極325との第4の中点電位は、すべて第1の電位334に戻る。かつ、第1、第2、第3、第4の比較部340, 343, 344, 345の出力は、それぞれ図20A、図20B、図20C、図20Dに示すようにローからハイに遷移する(t4)。以後、同じ動作を繰り返す(t4~t8)。
- [0192] 上記第1、第2、第3の比較部340, 343, 344の出力信号は、論理素子からなる第1の論理回路346に入力される。そして、第1の論理回路346における第1のNOR素子355の出力には、図20Eに示す信号が出力される。また、第2のNOR素子356の出力には、図20Fに示す信号が出力される。
- [0193] 上記第1、第3、第4の比較部340, 344, 345の出力信号は、論

理素子とDフリップフロップとからなる第2の論理回路347に入力される。さらに、第1の論理回路346と第2の論理回路347との出力は、論理素子からなる第3の論理回路348に入力される。

[0194] このとき、第1の比較部340の出力がハイからローに遷移する時刻t2が第4の比較部345の出力がハイからローに遷移する時刻t3よりも前、すなわち、第3の検出電極324が被測定液中に浸漬している部分の長さが長い場合には、第2の論理回路347における第1のDフリップフロップ357のQの否定出力と第2のフリップフロップ358のQ出力とは、図18G、18Hと同様に常時ハイとなる。

[0195] これにより、第1のアナログスイッチ349には図20Eの信号が、第2のアナログスイッチ350には図20Fの信号がそのまま加えられる。よって、t1～t2、t5～t6の時間だけ第2のアナログスイッチ350が「閉」となり、第5の抵抗351とコンデンサ353が第1の電位334に接続される。また、第1のアナログスイッチ349は常に「開」であるため、コンデンサ353に電荷が充電されることはない。これにより、出力端子352の電位は第1の電位334に等しくなる。

[0196] 次に、図20C、図20Dに示すように、第1の比較部340の出力がハイからローに遷移する時刻t2が、第4の比較部345の出力がハイからローに遷移する時刻t3よりも前、すなわち、被測定液の液位が下がって第1の検出電極322が被測定液中に浸漬している部分の長さが短くなる場合を考える。この場合、第1の検出電極322で測定される静電容量が小さくなる。よって、第1の検出電極322で測定される静電容量と第1の抵抗335とで決まる時定数が第4の検出電極325で測定される静電容量と第4の抵抗338とで決まる時定数よりも小さくなる。すると、図20G、図20Hに示すように、第2の論理回路347における第1のDフリップフロップ357のQの否定出力はハイを保持するが、第2のフリップフロップ358のQ出力はt2にてハイからローに遷移する。これにより、第3の論理回路348から第2のアナログスイッチ350に加えられる信号は図20Jに示

すように t_2 以降ハイとなる。よって、第2のアナログスイッチ350は「閉」となり、第5の抵抗351とコンデンサ353が第1の電位334に接続される。

[0197] また、第3の論理回路348から第1のアナログスイッチ349に加えられる信号は、図20Ⅰローを保持するため、常に「開」となる。これにより、コンデンサ353が充電されることはないと、出力端子352の出力電位は第1の電位334に等しくなる。

[0198] 以上の説明から明らかなように、本発明の実施の形態3に係る液位センサは被測定液の液面が第2の検出電極323と交差する時には複雑な演算装置を設けることなく、常に被測定液の液位に比例する電圧を出力することができる。また、被測定液の液面が第1の検出電極322、第3の検出電極324のいずれの位置で交差した場合でも常に確定した電圧を出力することができる。よって、容易に高感度の液位センサを提供することができる。

[0199] なお、上記本発明の実施の形態3に係る液位センサにおいては、第4の検出電極325を第1の検出電極322の下に配置したものについて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものでなく、第4の検出電極325を第1の検出電極322の横あるいは背面等任意の位置に配置した場合でも、本発明の実施の形態3の場合と同様の作用効果が得られる。

[0200] (実施の形態4)

以下、本発明の実施の形態4に係る液位センサについて、説明する。

[0201] 図21は本発明の実施の形態4に係る液位センサの検出部における正面図である。図21において、上下に延びる長方形のポリイミドフィルム等からなる検出部421の下端部には櫛歯形状のカーボンからなる一対の第1の検出電極422が設けられている。また、第1の検出電極422の上には櫛歯形状のカーボンからなる一対の第2の検出電極423が設けられ、そしてこの第2の検出電極423の上には同じく櫛歯形状のカーボンからなる一対の第3の検出電極424が設けられ、さらに検出部421の上端部には同じく櫛歯形状のカーボンからなる一対の第4の検出電極425が設けられている

。そして、第1、第2、第3、第4の検出電極422、423、424、425は上下に延びる引き出し線によって端子426、427、428、429、430に接続されている。

[0202] 図22は図21における第1の検出電極422の22-22線での断面図である。図22において、第1の検出電極422は、対向する電極455全体を絶縁物456を介して金属層457で覆ったもので構成したものである。このような構成とすることにより、対向する電極455間に発生する電気力線は被測定液内を通過しないため、第1の検出電極422で測定される電極455間の静電容量は被測定液が有する誘電率の影響を受けることがなくなる。

[0203] 絶縁物456としては被測定液または被測定液を含浸させた固体物あるいは被測定液と実質的に同じ誘電率温度特性を持つ物質を選択するのが望ましい。これにより、液質測定における温度変化の影響を除去することができる。

[0204] 本発明の実施の形態4に係る液位センサの動作時には、第1の検出電極422と第2の検出電極423はオイル等の熱伝導性の高い被測定液中に常に浸漬されるため、第1の検出電極422と第2の検出電極423の温度は実質的に等しい。

[0205] 図23は本発明の実施の形態4に係る液位センサの検出回路図である。図23において、検出部421の端子426は例えば、GND電位からなる第1の電位431に接続される。また、検出部421の端子427、428、429、430はそれぞれ第1の抵抗432、第2の抵抗433、第3の抵抗434、第4の抵抗435を介して5Vの電源電位からなる第2の電位452と接続される。これにより、第1の検出電極422、第2の検出電極423、第3の検出電極424、第4の検出電極425がそれぞれ第1の抵抗432、第2の抵抗433、第3の抵抗434、第4の抵抗435に接続される。

[0206] この時、第2、第3、第4の検出電極423、424、425がすべて被

測定液外にある状態で第2の検出電極423の電極間容量と第2の抵抗433とで決まる時定数と、第3の検出電極424の電極間容量と第3の抵抗434とで決まる時定数と、第4の検出電極425の電極間容量と第4の抵抗435とで決まる時定数とは実質的に等しくなるようにしている。そして、第1の検出電極422と第1の抵抗432とで決まる時定数は、被測定液中に浸漬させた状態で第2の検出電極423の電極間容量と第2の抵抗433とで決まる時定数よりも小さくなるようにしている。

[0207] また、第1の抵抗432と第1の検出電極422との第1の中点電位はコンパレータからなる第1の比較部436において、抵抗453、454から決定される閾値と比較される。これと同様に、第2の抵抗433と第2の検出電極423との第2の中点電位、第3の抵抗434と第3の検出電極424との第3の中点電位および第4の抵抗435と第4の検出電極425との第4の中点電位は、それぞれコンパレータからなる第2の比較部437、第3の比較部438および第4の比較部439において、抵抗453、454から決定される閾値と比較される。

[0208] そして、第1、第2の比較部436、437の出力信号は、論理素子からなる第1の論理回路440に入力される。さらに第2、第3、第4の比較部437、438、439の出力信号は、論理素子からなる第2の論理回路441に入力される。

[0209] 第1の論理回路440の後段には第1の論理回路440の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチ442と第2のアナログスイッチ443が設けられている。抵抗444は、一端が第1のアナログスイッチ442と第2のアナログスイッチ443との中点に接続され、かつ他端が第1の出力端子445に接続されている。コンデンサ446は、一端が第1の電位431と接続され、かつ他端が第5の抵抗444と第1の出力端子445との間に接続されている。

[0210] 上記と同様に、第2の論理回路441の後段には第2の論理回路441の出力信号により開閉制御される第3のアナログスイッチ447と第4のアナ

ログスイッチ 448 が設けられている。第6の抵抗 449 は、一端が第3のアナログスイッチ 447 と第4のアナログスイッチ 448 との中点に接続され、かつ他端が第2の出力端子 450 に接続されている。コンデンサ 451 は、一端が第1の電位 31 と接続され、かつ他端が第6の抵抗 449 と第2の出力端子 450 との間に接続されている。

[0211] 次に、本発明の実施の形態4に係る液位センサの回路動作について説明する。

[0212] 図24A～図24Lは本発明の実施の形態4に係る液位センサの各部における電圧波形図である。図21で示した液位センサの検出部421を図示していないオイルパン中のエンジンオイル等の被測定液に浸漬する。この時、第1の検出電極422と第2の検出電極423は常に被測定液中に浸漬され、かつ第4の検出電極425は常に被測定液外に配置される。そして、第3の検出電極424は被測定液面と交差し、かつ液中に浸漬する部分は液位の昇降に伴って増減する。

[0213] 電源投入前の初期状態 ($t = 0$)においては、第1、第2、第3、第4の検出電極 422, 423, 424, 425 の電極対間に電荷が存在しないため、第1の抵抗 432 と第1の検出電極 422 との第1の中点電位、第2の抵抗 433 と第2の検出電極 423 との第2の中点電位、第3の抵抗 434 と第3の検出電極 424 との第3の中点電位および第4の抵抗 435 と第4の検出電極 425 との第4の中点電位はすべて第1の電位 431 (V_1) に等しい。

[0214] そして、電源が投入されると第4の抵抗 435 と第4の検出電極 425 の第4の中点電位は、図24Aに示すように第1の電位 431 (V_1) から第2の電位 452 (V_2) に向かって、第4の抵抗 435 と第4の検出電極 425 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。また、第3の抵抗 434 と第3の検出電極 424 との第3中点電位は、図24Bに示すように第1の電位 431 (V_1) から第2の電位 452 (V_2) に向かって、第3の抵抗 434 と第3の検出電極 424 の電極間容量とで決まる時定数で指数

関数的に上昇する。この時、第3の検出電極424の一部は被測定液中にあるため、第3の抵抗434と第3の検出電極424の静電容量とで決まる時定数は、第4の抵抗435と第4の検出電極425とで決まる時定数よりも大きくなる。また、第2の抵抗433と第2の検出電極423との第2の中点電位は、図24Cに示すように第1の電位431(V_1)から第2の電位452(V_2)に向かってそれぞれ第2の抵抗433と第2の検出電極423の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第2の検出電極423は常に被測定液中に浸漬されているため、第2の抵抗433と第2の検出電極423の静電容量とで決まる時定数は、第3の抵抗434と第3の検出電極424とで決まる時定数よりも大きくなる。さらに、第1の抵抗432と第1の検出電極422との第1の中点電位は、図24Dに示すように第1の電位431(V_1)から第2の電位452(V_2)に向かってそれぞれ第1の抵抗432と第1の検出電極422の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、前述の通り、第1の検出電極422と第1の抵抗432とで決まる時定数は、被測定液中に浸漬させた状態で第2の検出電極423の電極間容量と第2の抵抗433とで決まる時定数よりも小さくなるように設定されている。

[0215] その後、第4の抵抗435と第4の検出電極425との第4の中点電位が抵抗453, 454で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第4の比較部439の出力は図24Eに示すようにハイからローに遷移する(t1)。これと同様に、第3の抵抗434と第3の検出電極424との第3の中点電位が抵抗453, 454で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第3の比較部438の出力は図24Fに示すようにハイからローに遷移する(t2)。また、第1の抵抗432と第1の検出電極422との第1の中点電位が抵抗453, 454で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第1の比較部436の出力は図24Hに示すようにハイからローに遷移する(t3)。さらに、第2の抵抗433と第2の検出電極423との第2の中点電位が抵抗453, 454で決

められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第2の比較部 437 の出力は図 24 G に示すようにハイからローに遷移する (t 4)。また、第1、第2、第3、第4の検出電極 422, 423, 424, 425 に蓄積された電荷がオープンコレクタ構成である素子 451 を介して第1の電位 431 (V_1) に放電されるため、第1の抵抗 432 と第1の検出電極 422 との第1の中点電位、第2の抵抗 433 と第2の検出電極 423 との第2の中点電位、第3の抵抗 434 と第3の検出電極 424 との第3の中点電位および第4の抵抗 435 と第4の検出電極 425 との第4の中点電位はすべて第1の電位 431 (V_1) に戻る。かつ、第1、第2、第3、第4の比較部 436, 437, 438, 439 の出力は、それぞれ図 24 H、図 24 G、図 24 F、図 24 E に示すようにローからハイに遷移する (t 5)。

[0216] さらにその後、第4の抵抗 435 と第4の検出電極 425 との第4の中点電位、第3の抵抗 434 と第3の検出電極 424 との第3の中点電位、第2の抵抗 433 と第2の検出電極 423 との第2の中点電位、第1の抵抗 432 と第1の検出電極 422 との第1の中点電位は、再び図 24 A、図 24 B、図 24 C、図 24 D で示すように第1の電位 31 (V_1) から第2の電位 452 (V_2) に向かってそれぞれ第4の抵抗 435 と第4の検出電極 425 の電極間容量、第3の抵抗 434 と第3の検出電極 424 の電極間容量、第2の抵抗 433 と第2の検出電極 423 の電極間容量、第1の抵抗 432 と第1の検出電極 422 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。以後、第4の比較部 439 の出力がハイからローに遷移し (t 6)、第3の比較部 438 の出力がハイからローに遷移し (t 7)、第2の比較部 437 の出力がハイからローに遷移し (t 8)、第1の比較部 436 の出力がハイからローに遷移して (t 9)、前と同様の動作を繰り返す。

[0217] 上記第1、第2の比較部 436, 437 の出力信号は論理素子からなる論理回路 440 に入力され、そして、第1のアナログスイッチ 442 には図 24 K に示す信号が、また第2のアナログスイッチ 443 には図 24 J に示す信号が output される。

- [0218] また、これと同様に、上記第2、第3、第4の比較部437、438、439の出力信号は論理素子からなる論理回路441に入力され、そして、第3のアナログスイッチ447には図24Iに示す信号が、また第4のアナログスイッチ448には図24Jに示す信号が出力される。
- [0219] そして、この場合、各アナログスイッチに入力される信号がハイの時、アナログスイッチは「閉」、ローの時、「開」となる。これにより、時間 $t_3 \sim t_4$ および $t_8 \sim t_9$ においては、第1のアナログスイッチ442が「閉」で第2のアナログスイッチ43が「開」となるため、第2の電位452から第5の抵抗444を通してコンデンサ446が充電される。そして、時間 $t_0 \sim t_3$ および $t_5 \sim t_8$ においては、第1のアナログスイッチ442が「開」で第2のアナログスイッチ443が「閉」となるため、コンデンサ446に蓄積された電荷が第5の抵抗444を通して第1の電位431 (V_1) に放電される。
- [0220] このようにして、第1の検出電極422で測定される静電容量と、第2の検出電極423で測定される静電容量との差に比例する時間だけコンデンサ446を充電し、かつ第1の検出電極422で測定される静電容量に比例する時間だけコンデンサ446に充電された電荷を放電するという動作を繰り返すことにより、被測定液の液質に比例する電圧を第1の出力端子445に出力することができる。
- [0221] また、これと同様に、時間 $t_1 \sim t_2$ および $t_6 \sim t_7$ においては、第3のアナログスイッチ447が「閉」で第4のアナログスイッチ448が「開」となるため、第2の電位452から第6の抵抗449を通してコンデンサ451が充電される。そして、の時間 $t_2 \sim t_4$ および $t_7 \sim t_9$ においては、第3のアナログスイッチ447が「開」で第4のアナログスイッチ448が「閉」となるため、コンデンサ451に蓄積された電荷が第5の抵抗449を通して第1の電位431 (V_1) に放電される。このようにして、第3の検出電極424が被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定液外にある部分の長さにより決まる時間だけ、第3のアナログスイッチ447と、

第4のアナログスイッチ448とを交互に開閉してコンデンサ451を充放電する。これにより、被測定液の液位をアナログ電圧として第2の出力端子450に出力することができる。

[0222] 液質測定部の回路動作について、数式を用いてさらに説明する。第1の検出電極422の静電容量を C_1 、第2の検出電極423が被測定液外にある時の静電容量を C_2 、第1の抵抗432、第2の抵抗433の抵抗値を r_0 、被測定液の比誘電率を ϵ_L とする。また第1の電位431(V_1)を0[V]、第2の電位452(V_2)を V_{dd} [V]とする。第1の検出電極422と第2の検出電極423とが被測定液中に浸漬された時、第1の検出電極422の静電容量は被測定液が有する誘電率の影響を受けないため、第1の検出電極422と第1の抵抗432とで決まる時定数は次の(式31)で表される。

[0223] [数31]

$$C_1 r_0 \quad \dots \text{(式31)}$$

[0224] 第2の検出電極423の静電容量は被測定液が有する誘電率の影響を受けるため、第2の検出電極423と第2の抵抗433とで決まる時定数は次の(式32)で表される。

[0225] [数32]

$$\epsilon_L C_2 r_0 \quad \dots \text{(式32)}$$

[0226] 電源が投入されると第2の検出電極423と第2の抵抗433との第2の中点電位 V_{n2} は次の(式33)に示す式で表される。

[0227] [数33]

$$V_{n2} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{t}{\epsilon_L C_2 r_0}} \right) \quad \dots \text{(式33)}$$

[0228] これと同様に、第1の検出電極422と第1の抵抗432との第1の中点電位 V_{n1} は次の（式34）で表される。

[0229] [数34]

$$V_{n1} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{t}{C_1 r_0}} \right) \quad \cdots (\text{式34})$$

[0230] これから、コンデンサ446が充電される時間 T_c は次の（式35）で表される。

[0231] [数35]

$$T_c = (\varepsilon_L C_2 - C_1) \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \cdots (\text{式35})$$

[0232] 同様にして、コンデンサ446が放電される時間 T_d は次の（式36）で表される。

[0233] [数36]

$$T_d = -C_1 r_0 \ln \left(1 - \frac{V_{th}}{V_{dd}} \right) \quad \cdots (\text{式36})$$

[0234] 上記（式35）と（式36）とから、充電時間 T_c は第2の検出電極423の静電容量と第1の検出電極422の静電容量との差 $(\varepsilon_L C_2 - C_1)$ に比例し、放電時間 T_d は第1の検出電極422の静電容量により決まることが分かる。

[0235] 次に、第1の出力端子445に現れる出力電圧 V_o を数式で表す。図423に示す回路では、t4～t5等の期間では第1、第2のアナログスイッチ422、443はともに「開」であるため、コンデンサ446に蓄積された電

荷は変化せず、かつ出力電圧 V_o も変化しない。よって、以下においては、これらの期間を無視し、充電時間 T_c 、放電時間 T_d が繰り返された場合の出力電圧の変化を考える。電源投入直後の出力電圧は 0 [V] とする。第 5 の抵抗 444 の抵抗を R 、コンデンサ 446 の容量を C とすると、第 1 回目の充電後の出力電圧 V_{1c} は次の（式 37）で表される。

[0236] [数37]

$$V_{1c} = V_{dd} \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \dots \text{ (式 37)}$$

[0237] 第 1 回目の放電後の出力電圧 V_{1d} は次の（式 38）で表される。

[0238] [数38]

$$V_{1d} = V_{1c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式 38)}$$

[0239] 第 2 回目の充電後の出力電圧 V_{2c} は次の（式 39）で表される。

[0240] [数39]

$$V_{2c} = V_{1d} + (V_{dd} - V_{1d}) \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \dots \text{ (式 39)}$$

[0241] 第 2 回目の放電後の出力電圧 V_{2d} は次の（式 40）で表される。

[0242] [数40]

$$V_{2d} = V_{2c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式 40)}$$

[0243] さらに第 3 回目の充電後の出力電圧 V_{3c} 、放電後の出力電圧 V_{3d} は次の（

式41)、(式42)で表される。

[0244] [数41]

$$V_{3c} = V_{2d} + (V_{dd} - V_{2d}) \left(1 - e^{-\frac{T_c}{CR}} \right) \quad \dots \text{ (式41)}$$

[0245] [数42]

$$V_{3d} = V_{3c} e^{-\frac{T_d}{CR}} \quad \dots \text{ (式42)}$$

[0246] 以下、上記と同様にして充電、放電後の出力電圧を求めることができる。

[0247] 図25～図27は第5の抵抗444の抵抗Rを500kΩ、コンデンサ446の容量Cを100pFとした時の出力電圧V_oを計算したものである。

[0248] 図25は本発明の実施の形態4に係る液位センサにおける第1の検出電極の静電容量と第2の検出電極の静電容量との比が4：5の場合の出力電圧V_oの時間変化を示す特性図である。すなわち、充電時間T_cを1μ秒とし、放電時間T_dを4μ秒とした場合、すなわちT_cとT_dの比、つまり、被測定液中に浸漬された第1の検出電極422の静電容量C₁と第2の検出電極423の静電容量ε_LC₂との比が4：5の場合の出力電圧V_oの時間変化を示したものである。図25において、ほぼ500μ秒経過後、1[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.04[V]のリップルが重畠された出力電圧V_oが得られる。このリップルは適当なローパスフィルタを使用することにより除去することができる。

[0249] 図26は本発明の実施の形態4に係る液位センサにおける第2の検出電極の静電容量が5%上昇した場合の出力電圧V_oの時間変化を示す特性図である。すなわち、図25の状態から被測定液の誘電率ε_Lが劣化等により5%上昇した場合、充電時間T_cのみが1.25μ秒に増加した場合の出力電圧V_oの時間変化を示したものである。図26において、ほぼ500μ秒経過後、1

24 [V] の直流成分に振幅がほぼ±0.05 [V] のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られる。

[0250] 図27は本発明の実施の形態4に係る液位センサにおける第1の検出電極の静電容量と第2の検出電極の静電容量とがともに10%上昇した場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。すなわち、図25の状態から第1の検出電極422の静電容量と第2の検出電極423の静電容量とがともに10%上昇した場合、放電時間 T_d が1.1μ秒、充電時間 T_c が4.4μ秒に増加した場合の出力電圧 V_o の時間変化を示したものである。図27において、図25と同じくほぼ500μ秒経過後、1[V]の直流成分に振幅がほぼ±0.04 [V] のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られる。

[0251] これより、第1の検出電極422の静電容量と第2の検出電極423の静電容量温度変化率を同じにすることで、温度によらず被測定液の液質を測定できる。

[0252] これと同様にして、第3の検出電極424が被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定外にある部分の長さにより決まる時間だけ、第3のアナログスイッチ447と、第4のアナログスイッチ448とを交互に開閉してコンデンサ451を充放電するようとする。このようにすれば、被測定液の液位をアナログ電圧として第2の出力端子450に出力することができる。

[0253] 以上の説明から明らかなように、本発明の実施の形態4に係る液位センサは、複雑な演算装置を設けることなく、常に液質に比例する電圧を出力することができ、容易に高感度の液位センサを提供することができる。

[0254] (実施の形態5)

以下、本発明の実施の形態5に係る液位センサについて、説明する。

[0255] 図28は本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける検出部の正面図である。図28において、上下に延びる長方形のポリイミドフィルム等からなる検出部521の下端部には櫛歯形状のカーボン等からなる一対の第1の検出電極522が設けられている。また、第1の検出電極522の上部には櫛歯形状のカーボン等からなる一対の第2の検出電極523が設けられ、そ

して、この第2の検出電極523の上部には同じく櫛歯形状のカーボン等からなる一対の第3の検出電極524が設けられ、さらに第3の検出電極524の上部には同じく櫛歯形状のカーボン等からなる一対の第4の検出電極525が設けられている。また、第1、第2の検出電極522、523は共通引出し線526と各々の引出し線527、528によって端子529、530、531に接続されている。第1のキャンセル電極532は、端子533に接続され、かつ第1の検出電極522の引出し線527に沿って配置されている。この第1のキャンセル電極532は、第1の検出電極522の上端部にわたって設けられている。また、第3、第4の検出電極524、525は共通引出し線534と各々の引出し線535、536によって端子537、538、539に接続されている。第2のキャンセル電極540は、端子541に接続され、かつ第2の検出電極523の引出し線528と第3の検出電極524の引出し線535との間に配置されている。この第2のキャンセル電極540は第2の検出電極523の上端部と第3の検出電極524の下端部にわたって設けられている。第3のキャンセル電極542は端子543に接続され、かつ第4の検出電極525の引出し線536に沿って配置されている。この第3のキャンセル電極542は第4の検出電極525の下端部にわたって設けられている。

[0256] 図29は図28における第2の検出電極523の29-29線での断面図である。図29において、第2の検出電極523は、対向する電極544全体を絶縁物545を介して金属層546で覆うことにより構成されている。このような構成とすることにより、対向する電極544間に発生する電気力線は被測定液内を通過しないため、第2の検出電極523で測定される対向する電極544間の静電容量は被測定液が有する誘電率の影響を受けることがない。

[0257] なお、絶縁物545としては被測定液または被測定液を含浸させた固形物あるいは被測定液と実質的に同じ誘電率温度特性を持つ物質を選択するのが望ましい。これにより、液質測定における温度変化の影響を除去することが

できる。

[0258] 図30は本発明の実施の形態5に係る液位センサの検出回路図である。図30において、検出部521の端子529, 537にはパルス発生回路551からのパルスを入力し、かつ検出部521の端子533, 541, 543には各々レベル調整器552, 553, 554を介してパルスを反転させた信号を入力する。この検出回路ではパルス発生回路551の最終段にあるNORゲートの入力から分岐させた信号を検出部521の端子533, 541, 543に入力している。

[0259] そして、検出部521の端子529, 537にパルス発生回路551からのパルスを入力すると、検出部521の端子529, 530間には第1の検出電極522による静電容量に蓄積される電荷と、共通引出し線526と第1の検出電極522の引出し線527間の静電容量に蓄積される電荷が存在し、また、検出部521の端子529, 531間には第2の検出電極523による静電容量に蓄積される電荷と、共通引出し線526と第2の検出電極523の引出し線528間の静電容量に蓄積される電荷が存在する。

[0260] これと同様に、検出部521の端子537, 538間には第3の検出電極524による静電容量に蓄積される電荷と、共通引出し線534と第3の検出電極524の引出し線535間の静電容量に蓄積される電荷が存在し、また、検出部521の端子537, 539間には第4の検出電極525による静電容量に蓄積される電荷と、共通引出し線534と第4の検出電極525の引出し線536間の静電容量に蓄積される電荷が存在する。

[0261] そしてまた、第1の検出電極522の引出し線527に沿って第1のキャセル電極532を配置している。第2の検出電極523の引出し線528と第3の検出電極524の引出し線535との間に第2のキャセル電極540を配置している。

[0262] 第4の検出電極525の引出し線536に沿って第3のキャセル電極542を配置している。第1のキャセル電極532、第2のキャセル電極540、第3のキャセル電極542に各々レベル調整器552, 553,

554を介してパルス発生回路551からのパルスを反転させた信号を入力する。これにより、第1の検出電極522の引出し線527と、第1の検出電極522と第2の検出電極523の共通引出し線526との間に蓄積された電荷がキャンセルされる。また、第2の検出電極523の引出し線528と、第1の検出電極522と第2の検出電極523の共通引出し線526との間に蓄積された電荷がキャンセルされる。さらに、第3の検出電極524の引出し線535と、第3の検出電極524と第4の検出電極525の共通引出し線534との間に蓄積された電荷がキャンセルされる。そして、第4の検出電極525の引出し線536と、第3の検出電極524と第4の検出電極525の共通引出し線534との間に蓄積された電荷がキャンセルされる。

[0263] このような構成により、端子529、530間、端子529、531間、端子537、538間、端子537、539間で測定される静電容量は、各々櫛歯形状の検出電極522、523、524、525部で測定される静電容量のみとなる。

[0264] 第1の差動増幅器555の一端子には検出部521の端子530と第1の抵抗556の一端との節点電圧が入力される。これと同様に、第2の差動増幅器557、第3の差動増幅器558、第4の差動増幅器560の一端子の各々には検出部521の端子531と第2の抵抗518の一端との節点電圧、検出部521の端子538と第3の抵抗559の一端との節点電圧、検出部521の端子539と第4の抵抗561との節点電圧が入力されるとともに+端子には図示していない閾値が入力される。なお、本発明の実施の形態5においては、この閾値を電源電圧の1/2としている。また、第1、第2、第3、第4の抵抗556、518、559、561の他端は各々第1、第2、第3、第4の差動増幅器555、557、558、560の出力側に接続されている。さらに、各々の差動増幅器の入出力間にはダイオードと抵抗とが直列に接続されている。

[0265] これにより、第1の検出電極522、第2の検出電極523、第3の検出

電極 524、第4の検出電極 525がそれぞれ第1の抵抗 556と第1の差動増幅器 555、第2の抵抗 518と第2の差動増幅器 557、第3の抵抗 559と第3差動の増幅器 558、第4の抵抗 561と第4の差動増幅器 560とに接続される。この時、第1、第3、第4の検出電極 522、524、525がすべて被測定液外にある状態で第1の検出電極 522の電極間容量と第1の抵抗 556とで決める時定数と、第3の検出電極 524の電極間容量と第3の抵抗 559とで決まる時定数と、第4の検出電極 525の電極間容量と第4の抵抗 561とで決まる時定数は実質的に等しくなるようにしている。

[0266] そして、第1の検出電極 522と第2の検出電極 523をともに被測定液中に浸漬させた状態で、第2の検出電極 523と第2の抵抗 518とで決まる時定数は第1の検出電極 522の電極間容量と第1の抵抗 556とで決まる時定数よりも小さくなるようにしている。

[0267] 次に、第1の差動増幅器 555の出力電位は第1の比較部 562において、図示していない閾値発生部からの閾値と比較される。これと同様に、第2の差動増幅器 557の出力電位、第3の差動増幅器 558の出力電位および第4の差動増幅器 560の出力電位はそれぞれコンパレータからなる第2の比較部 563、第3の比較部 564および第4の比較部 565において、図示していない閾値発生部からの閾値と比較される。なお、本発明の実施の形態5においてはこの閾値を電源電圧の1/4としている。

[0268] 次に、第1、第3、第4の比較部 562、564、565の出力信号は論理素子やフリップフロップからなる論理回路 566に入力される。この論理回路 566の後段には論理回路 566の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチ 567と第2のアナログスイッチ 568とが第1の電位 569と第2の電位 570との間に設けられている。第5の抵抗 571は、一端が第1のアナログスイッチ 567と第2のアナログスイッチ 568との中点に接続され、かつ他端が出力端子 572に接続されている。コンデンサ 573は一端が第1の電位 569と接続され、かつ他端が第5の抵抗 571

と出力端子 572との間に接続されている。

[0269] また、第1、第2の比較部 562、563の出力信号は論理素子やフリップフロップからなる論理回路 574に入力される。この論理回路 574の後段には論理回路 574の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチ 567と第2のアナログスイッチ 576とが第1の電位 569と第2の電位 570との間に設けられている。第6の抵抗 577は、一端が第1のアナログスイッチ 575と第2のアナログスイッチ 576との中点に接続され、かつ他端が出力端子 578に接続されている。コンデンサ 579は、一端が第1の電位 569と接続され、かつ他端が第6の抵抗 577と出力端子 578との間に接続されている。

[0270] なお、検出部 521の各端子とパルス発生回路 551、抵抗 556、558、559、561等との接続は浮遊容量を発生しないよう最小寸法で接続されている。

[0271] 次に、本発明の実施の形態5に係る液位センサの回路動作を説明する。

[0272] 図31A～図31Mは本発明の実施の形態5に係る液位センサにおける各部の電圧波形図である。図28に示す液位センサの検出部 521を、図示していないオイルパン中のエンジンオイル等の被測定液に浸漬する。この時、第1の検出電極 522と第2の検出電極 523は常に被測定液中に浸漬され、かつ第4の検出電極 525は常に被測定液外に配置される。そして、第3の検出電極 524は被測定液面と交差し、かつ液中に浸漬する部分が液位の昇降に伴って増減する。

[0273] 本発明の実施の形態5に係る液位センサは、電源投入前の初期状態 (t_0)においては、第1、第2、第3、第4の検出電極 522、523、524、525間に電荷が存在しないため、第1の抵抗 556と第1の検出電極 522との節点電位、第2の抵抗 558と第2の検出電極 523との節点電位、第3の抵抗 559と第3の検出電極 524との節点電位および第4の抵抗 561と第4の検出電極 525との節点電位はすべて第1の電位 569 (V_1)にある。

[0274] 電源が投入されると (t 0) 、図 3 1 A に示すように検出部 521 の端子 529, 537 にはパルス発生回路 51 からのパルスが入力される。このパルスは第 4 の抵抗 561、第 4 の検出電極 525 の電極間容量および第 4 の差動增幅器 560 からなる微分回路で微分され、第 4 の差動增幅器 560 の出力電位は、図 3 1 B に示すように第 1 の電位 569 (V_1) から第 2 の電位 570 (V_2) に向かって、第 4 の抵抗 561 と第 4 の検出電極 525 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。また、第 3 の抵抗 559、第 3 の検出電極 524 の電極間容量および第 3 の差動增幅器 558 からなる微分回路の出力電位は、図 3 1 C に示すように第 1 の電位 569 (V_1) から第 2 の電位 570 (V_2) に向かって、第 3 の抵抗 559 と第 3 の検出電極 524 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第 3 の検出電極 524 の一部は被測定液中にあるため、第 3 の抵抗 559 と第 3 の検出電極 524 の静電容量とで決まる時定数は、第 4 の抵抗 561 と第 4 の検出電極 525 とで決まる時定数よりも大きくなる。そして、これと同様に、第 1 の抵抗 556、第 1 の検出電極 522 の電極間容量および第 1 の差動增幅器 555 からなる微分回路の出力電位は、図 3 1 D に示すように第 1 の電位 569 (V_1) から第 2 の電位 570 (V_2) に向かって、第 1 の抵抗 556 と第 1 の検出電極 522 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、第 1 の検出電極 522 は常に被測定液中に浸漬されているため、第 1 の抵抗 556 と第 1 の検出電極 522 の静電容量とで決まる時定数は、第 3 の抵抗 559 と第 3 の検出電極 524 とで決まる時定数よりも大きくなる。さらに、第 2 の抵抗 558、第 2 の検出電極 523 の電極間容量および第 2 の差動增幅器 557 からなる微分回路の出力電位は、図 3 1 E に示すように第 1 の電位 569 (V_1) から第 2 の電位 570 (V_2) に向かって、第 2 の抵抗 558 と第 2 の検出電極 523 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇する。この時、のように第 1 の検出電極 522 と第 2 の検出電極 523 をともに被測定液中に浸漬させた状態で、第 2 の検出電極 523 と第 2 の抵抗 558 とで決まる時定数は第 1 の検出電極 522

の電極間容量と第1の抵抗556とで決まる時定数よりも小さくなるようにしている。

[0275] 第4の差動増幅器560の出力電位が図示していない閾値発生部で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第4の比較部565の出力は、図31Fに示すようにハイからローに遷移する(t1)。これと同様に、第3の差動増幅器558の出力電位が図示していない閾値発生部で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第3の比較部564の出力は、図31Gに示すようにハイからローに遷移する(t2)。また、第2の差動増幅器557の出力電位が図示していない閾値発生部で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第2の比較部563の出力は、図31Iに示すようにハイからローに遷移する(t3)。さらに、第1の差動増幅器555の出力電位が図示していない閾値発生部で決められる閾値電圧 V_{th} に達すると、コンパレータからなる第1の比較部562の出力は、図31Hに示すようにハイからローに遷移すると同時に、パルス発生回路551からのパルス発生が停止するため、第1の差動増幅器555、第2の差動増幅器557、第3の差動増幅器558、第4の差動増幅器560の出力電圧は第2の電位(V_1)まで上昇する(t4)。

[0276] その後、第1の差動増幅器555、第2の差動増幅器557、第3の差動増幅器558、第4の差動増幅器560の入出力間に接続されているダイオードがオンするため、各差動増幅器の出力電圧は急速に低下して、各差動増幅器の+入力に与えられている閾値電位に達すると、各差動増幅器の出力は第1の電位569(V_1)に戻る。それと同時に、第1、第2、第3、第4の比較部562、563、564、565の出力はそれぞれ図31I、図31H、図31G、図31Fに示すようにローからハイに遷移するとともに、図31Aに示すようにパルス発生回路551からパルスが発生して検出部521の端子530、538に入力される(t5)。

[0277] そして、その後、第1の差動増幅器555、第2の差動増幅器557、第3の差動増幅器558、第4の差動増幅器560の出力電位は、再び第1の

電位 569 (t 1) から第 2 の電位 570 (t 2) に向かって、それぞれ図 31D、図 31E、図 31C、図 31B に示すように、第 1 の抵抗 556 と第 1 の検出電極 522 の電極間容量、第 2 の抵抗 518 と第 2 の検出電極 523 の電極間容量、第 3 の抵抗 559 と第 3 の検出電極 524 の電極間容量、第 4 の抵抗 561 と第 4 の検出電極 525 の電極間容量とで決まる時定数で指数関数的に上昇して、以後、t 0 から t 5 の区間と同じ動作を繰り返す。

[0278] また、上記第 1、第 3、第 4 の比較部 562、564、565 の出力信号は論理素子やフリップフロップからなる論理回路 566 に入力されて、第 1 のアナログスイッチ 567 には図 31J に示すように、図 31F に示すパルスの立ち下がりから図 31G に示すパルスの立ち下がりまでのパルス幅を持つパルス信号が、また第 2 のアナログスイッチ 568 には図 31K に示すように、図 31G に示すパルスの立ち下がりから図 31H に示すパルスの立ち下がりまでのパルス幅を持つパルス信号が出力される。

[0279] そして、この場合、第 1 のアナログスイッチ 567 に入力される信号がハイの時、第 1 のアナログスイッチ 567 は「閉」、ローの時、「開」となる。また、第 2 のアナログスイッチ 568 に入力される信号がハイの時、第 2 のアナログスイッチ 568 は「閉」、ローの時「開」となる。これにより、時間 t 1 ~ t 2 および t 6 ~ t 7 においては、第 1 のアナログスイッチ 567 が「閉」で第 2 のアナログスイッチ 568 が「開」となるため、第 2 の電位 570 から第 5 の抵抗 571 を通してコンデンサ 573 が充電される。そして、時間 t 2 ~ t 4 および t 7 ~ t 9 においては、第 1 のアナログスイッチ 567 が「開」で第 2 のアナログスイッチ 568 が「閉」となるため、コンデンサ 573 に蓄積された電荷が第 5 の抵抗 571 を通して第 1 の電位 569 (V_1) に放電される。

[0280] また、時間 t 0 ~ t 1 および t 4 ~ t 5 等においては、第 1 のアナログスイッチ 567、第 2 のアナログスイッチ 568 がともに「開」となるため、コンデンサ 573 に蓄積された電荷は保存される。このようにして、第 3 の

検出電極 524 が被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さにより決まる時間だけ第 1 のアナログスイッチ 567 と第 2 のアナログスイッチ 568 を交互に開閉してコンデンサ 573 を充放電することにより、被測定液の液位をアナログ電圧として出力端子 572 に出力することができる。

- [0281] 図 32 は本発明に実施の形態 5 に係る液位センサにおける、第 2 の検出電極の被測定液に浸漬されている部分の長さと、被測定液外にある部分の長さとの比が、1 : 4 の場合の出力電圧 V_o の時間変化を示す特性図である。すなわち、第 5 の抵抗 571 の抵抗 R を $500 \text{ k}\Omega$ 、コンデンサ 573 の容量 C を 100 pF とした時、充電時間 T_c を $1 \mu\text{s}$ とし、かつ放電時間 T_d を $4 \mu\text{s}$ とした場合、 T_c と T_d の比、第 3 の検出電極 524 の被測定液に浸漬されている部分の長さと被測定液外にある部分の長さとの比が 1 : 4 の場合にコンデンサ 573 の両端に出力されるアナログ電圧 V_o をシミュレーションしたものである。
- [0282] この図 32 から明らかなように、約 $500 \mu\text{s}$ 経過後、1 [V] の直流成分にほぼ ± 0.04 [V] 振幅のリップルが重畠された出力電圧 V_o が得られる。このリップルはローパスフィルタにより除去されるため、電源を投入してから一定時間経過後には被測定液の液位を表す直流電圧が出力端子 572 に出力される。
- [0283] また、上記第 1、第 2 の比較部 562、563 の出力信号は論理素子やリップフロップからなる論理回路 574 に入力されて、第 1 のアナログスイッチ 575 には図 31L に示すように、図 31I に示すパルスの立ち下がりから図 31H に示すパルスの立ち下がりまでのパルス幅を持つパルス信号が、また第 2 のアナログスイッチ 576 には図 31M に示すように、図 31H に示すパルスの立ち上がりから図 31I に示すパルスの立ち下がりまでのパルス幅を持つパルス信号が出力される。
- [0284] そして、この場合、各アナログスイッチに入力される信号がハイの時、アナログスイッチは「閉」、ローの時、「開」となる。これにより、時間 t_3

～t₄およびt₈～t₉においては、第1のアナログスイッチ575が「閉」で第2のアナログスイッチ576が「開」となるため、第2の電位570から第6の抵抗577を通してコンデンサ579が充電される。そして、時間t₀～t₃およびt₅～t₈においては、第1のアナログスイッチ575が「開」で第2のアナログスイッチ576が「閉」となるため、コンデンサ579に蓄積された電荷が第6の抵抗577を通して第1の電位569(V₁)に放電される。

[0285] このようにして、常に被測定液中に浸漬され、かつ被測定液が有する誘電率の影響を受ける第1の検出電極522で測定される静電容量と、被測定液が有する誘電率の影響を受けることのない第2の検出電極523で測定される静電容量との差に比例する時間だけコンデンサ579を充電し、かつ第1の検出電極522で測定される静電容量に比例する時間だけコンデンサ579に充電された電荷を放電するという動作を繰り返すことにより、被測定液の液質に比例する電圧を第1の出力端子578に出力することができる。

[0286] 次に、本発明の実施の形態5に係る液位センサに設けたキャンセル電極の役割について、さらに説明する。

[0287] 図28に示す本発明の実施の形態5に係る液位センサ装置の検出部において、第1のキャンセル電極532を配置しない場合には、被測定液の液面における第3の検出電極524と交差する位置（液位）が変化するとともに、被測定液の液面における共通引出し線528と第1の検出電極522の引出し線527とが交差する位置も変化するために、共通引出し線528と第1の検出電極522の引出し線527との間に発生する静電容量が変化する。これにより、図31Hに示すパルスの立ち下がりが変化して、液位を表す出力電圧値に誤差が生ずる。

[0288] また、第2のキャンセル電極540を配置しない場合には、被測定液の液面における第3の検出電極524と交差する位置（液位）が変化するとともに、被測定液の液面における共通引出し線526と第2の検出電極523の引出し線528とが交差する位置も変化するために、共通引出し線526と

第2の検出電極523の引出し線528との間に発生する静電容量が変化する。これにより、図31Jに示すパルスの立ち下がりが変化して、液質を測定するための基準が変動するために液質を表す出力電圧値に誤差が生ずる。これと同時に、被測定液の液面における第3の検出電極524と交差する位置（液位）が変化する。また、被測定液の液面における共通引出し線534と第3の検出電極524の引出し線535とが交差する位置も変化するために、共通引出し線534と第3の検出電極524の引出し線535との間に発生する静電容量が変化する。これにより、図31Jに示すパルスの立ち下がりと、図31Gに示すパルスの立ち下がりが変化して、液位を表す出力電圧値に誤差が生ずる。

[0289] これと同様に、第3のキャンセル電極542を配置しない場合には、被測定液の液面における第3の検出電極524と交差する位置（液位）が変化する。また、被測定液の液面における共通引出し線534と第4の検出電極525の引出し線536とが交差する位置も変化するために、共通引出し線534と第4の検出電極525の引出し線536との間に発生する静電容量が変化する。これにより、図31Fに示すパルスの立ち下がりが変化して、液位を表す出力電圧値に誤差が生ずる。

[0290] これに対し、本発明の実施の形態5に係る液位センサにおいては、第1の検出電極522の引出し線527に沿って第1のキャンセル電極532を、第2の検出電極523の引出し線528と第3の検出電極524の引出し線535との間に第2のキャンセル電極540を、第4の検出電極525の引出し線536に沿って第3のキャンセル電極542をそれぞれ配置している。そして、各々レベル調整器552、553、554を介してパルス発生回路551からのパルスを反転させた信号を入力することにより、各検出電極の引出し線と共通引出し線との間に蓄積される電荷をキャンセルする。このようにして、端子529、530間、端子529、531間、端子537、538間、端子537、539間で測定される静電容量を各々櫛歯形状の検出電極522、523、524、525で測定される静電容量のみとしてい

る。

[0291] これにより、各検出電極で検出される被測定液の静電容量は被測定液の液位に影響されなくなり、その結果、液位や液質を正確に表す出力電圧値が得られる。

[0292] 以上の説明から明らかなように、本発明の実施の形態5に係る液位センサは、複雑な演算装置を設けることなく液位や液質に正確に比例する電圧を出力することができるため、高精度のセンサを容易に提供することができる。

産業上の利用可能性

[0293] 本発明に係る液位センサは、複雑な演算装置を設けることなく、被測定液の誘電率や温度が変化しても自動的に常に液位に比例する電圧を出力することができる。これにより、容易に高感度のセンサを提供することができるという効果を有し、特に、自動車、建築機械等のエンジンオイルや燃料の液位を検出する液位センサとして有用である。

符号の説明

- [0294] 21, 221, 321, 421, 521 検出部
- 22, 222, 322, 422, 522 第1の検出電極
- 23, 223, 323, 423, 523 第2の検出電極
- 24, 224, 324, 524 第3の検出電極
- 325, 525 第4の検出電極
- 30, 252, 334, 431 第1の電位
- 34, 253, 339 第2の電位
- 31, 236, 335, 432 第1の抵抗
- 32, 242, 336, 433 第2の抵抗
- 33, 243, 337 第3の抵抗
- 43, 254, 338 第4の抵抗
- 351, 444 第5の抵抗
- 35, 246, 340, 436 第1の比較部
- 38, 247, 343, 437 第2の比較部

- 39, 248, 344 第3の比較部
345 第4の比較部
40, 249 論理回路
346, 440 第1の論理回路
347 第2の論理回路
348 第3の論理回路
41, 250, 349, 442 第1のアナログスイッチ
42, 251, 350, 443 第2のアナログスイッチ
44, 255, 352 出力端子
445 第1の出力端子
45, 256, 353, 446 コンデンサ
235 パルス発生回路
237 第1の差動増幅器
244 第2の差動増幅器
245 第3の差動増幅器
331, 455 電極
332, 456 絶縁物
333, 457 金属層
526, 534 共通引出し線
527, 528, 535, 536 引出し線
532 第1のキャンセル電極
540 第2のキャンセル電極
542 第3のキャンセル電極

請求の範囲

- [請求項1] 常に被測定液中にある第1の検出電極と、
前記被測定液の液位を測定する第2の検出電極と、
常に前記被測定液外にある第3の検出電極と、を備えた検出部と、
電子回路と、を有し、
前記電子回路は、
前記第2の検出電極が被測定液中に浸漬されている部分の長さが前記
第2の検出電極の全長に対する比に比例する時間だけ充電し、かつ、
前記第2の検出電極が被測定液外にある部分の長さが前記第2の検出
電極の全長に対する比に比例する時間だけ前記充電された電荷を放電
する動作を繰り返すことを特徴とする
液位センサ。
- [請求項2] 前記第1の検出電極は、
その一端が第1の電位と接続されるとともに他端が第1の抵抗を介し
て第2の電位と電気的に接続されており、
前記第2の検出電極は、
その一端が前記第1の電位と接続されるとともに他端が第2の抵抗を
介して第2の電位と電気的に接続されており、
前記第3の検出電極は、
その一端が前記第1の電位と接続されるとともに他端が第3の抵抗を
介して前記第2の電位と電気的に接続されており、
前記電子回路は、
前記第1の抵抗と前記第1の検出電極との第1の中点電位が入力され
るとともに前記第1の中点電位を閾値と比較する第1の比較部と、
前記第2の抵抗と前記第2の検出電極との第2の中点電位が入力され
るとともに前記第2の中点電位を前記閾値と比較する第2の比較部と
、
前記第3の抵抗と前記第3の検出電極との第3の中点電位が入力され

るとともに前記第3の中点電位を前記閾値と比較する第3の比較部と、
前記第1の比較部と前記第2の比較部と前記第3の比較部とからそれ
ぞれ出力される出力信号が入力される論理回路と、
前記論理回路からの出力信号に基づき開閉制御される第1のアナログ
スイッチおよび第2のアナログスイッチと、
一端が前記第1のアナログスイッチと前記第2のアナログスイッチの
中点に接続され、かつ他端が出力端子に接続された第4の抵抗と、
一端が第1の電位と接続され、かつ他端が前記第4の抵抗と前記出力
端子との間に接続されたコンデンサと、を備え、
前記第1のアナログスイッチが「閉」状態で、前記第2のアナログス
イッチが「開」状態のとき、前記コンデンサに電荷が充電され、かつ
、前記第1のアナログスイッチが「開」状態で、前記第2のアナログ
スイッチが「閉」状態のとき、前記コンデンサの電荷が放電すること
を特徴とする

請求項1に記載の液位センサ。

- [請求項3] 前記第1の検出電極、前記第2の検出電極、前記第3の検出電極の共
通引出し線と、
前記共通引出し線にパルスを入力するパルス発生回路と、
前記第1の検出電極の引出し線と、
前記第1の検出電極の引出し線と同じ方向に配置された第1のキャン
セル電極と、をさらに備え、
前記第1のキャンセル電極に前記パルスを反転した信号を入力するこ
とにより、前記第1の検出電極の前記引出し線と前記第1の検出電極
、前記第2の検出電極、前記第3の検出電極の前記共通引出し線との
間に蓄積された電荷をキャンセルすることを特徴とする
- 請求項2に記載の液位センサ。

- [請求項4] 前記第1の検出電極は、

一端が前記パルス発生回路の出力と接続され他端が第1の抵抗の一端に接続されるとともに、常に被測定液中に設けられ、
前記第2の検出電極は、
一端が前記パルス発生回路の出力と接続され他端が第2の抵抗の一端に接続されるとともに、被測定液の液位を測定するのに用いられ、
前記第3の検出電極は、
一端が前記パルス発生回路の出力と接続され他端が第3の抵抗の一端に接続されるとともに、常に被測定液外に設けられ、
前記電子回路は、
前記第1の抵抗の他端が出力に接続され前記第1の検出電極と第1の抵抗とにより決められた第1の節点電位と前記第1の閾値とを比較する第1の差動増幅器と、
前記第2の抵抗の他端が出力に接続され前記第2の検出電極と第2の抵抗とにより決められた第2の節点電位と前記第1の閾値とを比較する第2の差動増幅器と、
前記第3の抵抗の他端が出力に接続され前記第3の検出電極と第3の抵抗とにより決められた第3の節点電位と前記第1の閾値とを比較する第3の差動増幅器と、
前記第1の差動増幅回路の出力信号を第2の閾値と比較する第1の比較部と、
前記第2の差動増幅回路の出力信号と前記第2の閾値とを比較する第2の比較部と、
前記第3の差動増幅回路の出力信号と前記第2の閾値とを比較する第3の比較部と、
前記第1の比較部と前記第2の比較部と前記第3の比較部の出力信号とが入力される論理回路と、
前記論理回路の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチおよび第2のアナログスイッチと、

一端が前記第1のアナログスイッチと前記第2のアナログスイッチの中点に接続され、かつ他端が出力端子に接続された第4の抵抗と、
一端が第1の電位と接続され、かつ他端が前記第4の抵抗と前記出力端子との間に接続されたコンデンサと、を備え、
前記第2のアナログスイッチが「開」状態で、前記第1のアナログスイッチが「閉」状態のとき、前記コンデンサを充電し、
前記第2のアナログスイッチが「閉」状態で、前記第1のアナログスイッチが「開」状態のとき、前記コンデンサの電荷を放電することを特徴とする

請求項1に記載の液位センサ。

[請求項5] 被測定液が有する誘電率の影響を受けることのない状態で電極間の静電容量を測定する第4の検出電極を、さらに備え、
前記電子回路は、
前記第1の検出電極で測定される静電容量に関わる時定数が前記第4の検出電極で測定される静電容量に関わる時定数より小さくなった時には、充電を停止し、放電のみを行い、
前記第3の検出電極で測定される静電容量に関わる時定数が前記第4の検出電極で測定される静電容量に関わる時定数より大きくなった時には、放電を停止し、充電のみを行うことを特徴とする
請求項4に記載の液位センサ。

[請求項6] 前記第4の検出電極は、
絶縁物を介して金属層により覆われていることを特徴とする
請求項5記載の液位センサ。

[請求項7] 第1の抵抗と前記第1の検出電極とを含む第1の時定数回路と、
第2の抵抗と前記第2の検出電極とを含む第2の時定数回路と、
第3の抵抗と前記第3の検出電極とを含む第3の時定数回路と、
第4の抵抗と前記第4の検出電極とを含む第4の時定数回路と、を備え、

前記電子回路は、

前記第1の時定数回路の出力電位と閾値とを比較する第1の比較部と、

前記第2の時定数回路の出力電位と前記閾値とを比較する第2の比較部と、

前記第3の時定数回路の出力電位と前記閾値とを比較する第3の比較部と、

前記第4の時定数回路の出力電位と前記閾値とを比較する第4の比較部と、

前記第1の比較部と前記第2の比較部と前記第3の比較部の出力信号が入力される第1の論理回路と、

前記第1の比較部と前記第3の比較部と前記第4の比較部の出力信号が入力される第2の論理回路と、

前記第1の論理回路と前記第2の論理回路の出力信号が入力される第3の論理回路と、

前記第3の論理回路の出力信号により開閉制御される第1のアナログスイッチおよび第2のアナログスイッチと、

一端が前記第1のアナログスイッチと前記第2のアナログスイッチの中点に接続され、かつ他端が出力端子に接続された第5の抵抗と、

一端が第1の電位と接続され、かつ他端が前記第5の抵抗と前記出力端子との間に接続されたコンデンサと、を有し、

前記第1のアナログスイッチが「閉」状態で、前記第2のアナログスイッチが「開」状態のとき、前記コンデンサを充電し、かつ、前記第1のアナログスイッチが「開」状態で、前記第2のアナログスイッチが「閉」状態のとき、前記コンデンサの電荷を放電することにより被測定液の液位に比例する電圧を出し、

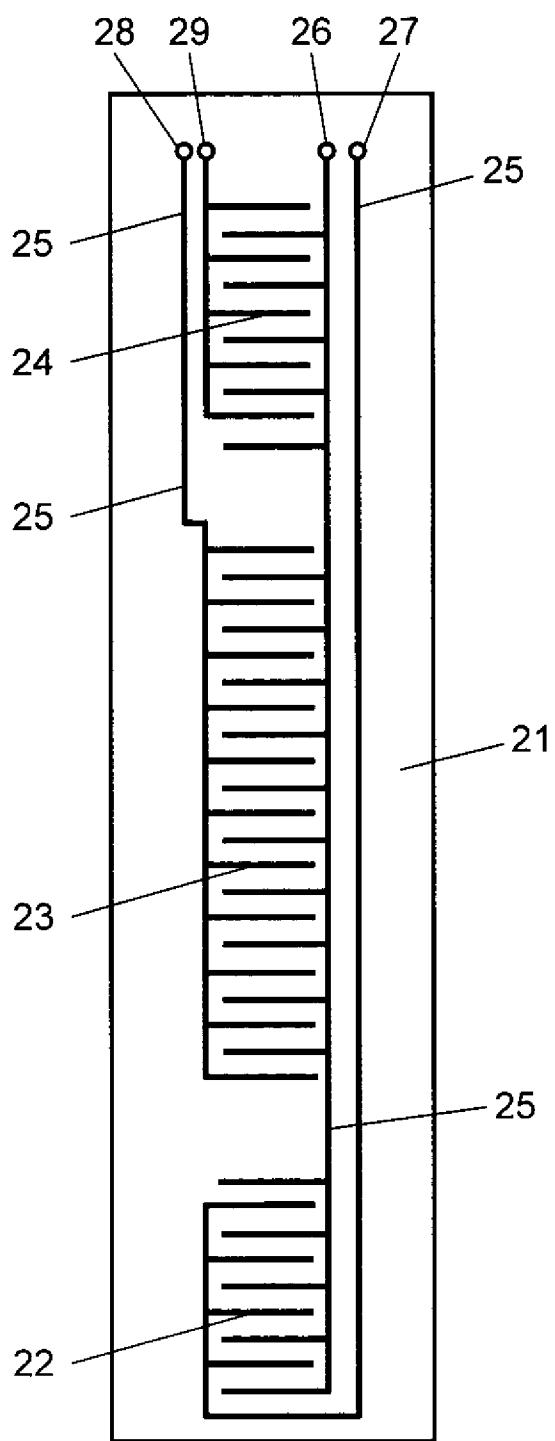
前記第1の検出電極で測定される静電容量と前記第1の抵抗とで決まる時定数が前記第4の検出電極で測定される静電容量と前記第4の抵

抗とで決まる時定数より小さくなった時には、充電を停止し、放電のみを行い、

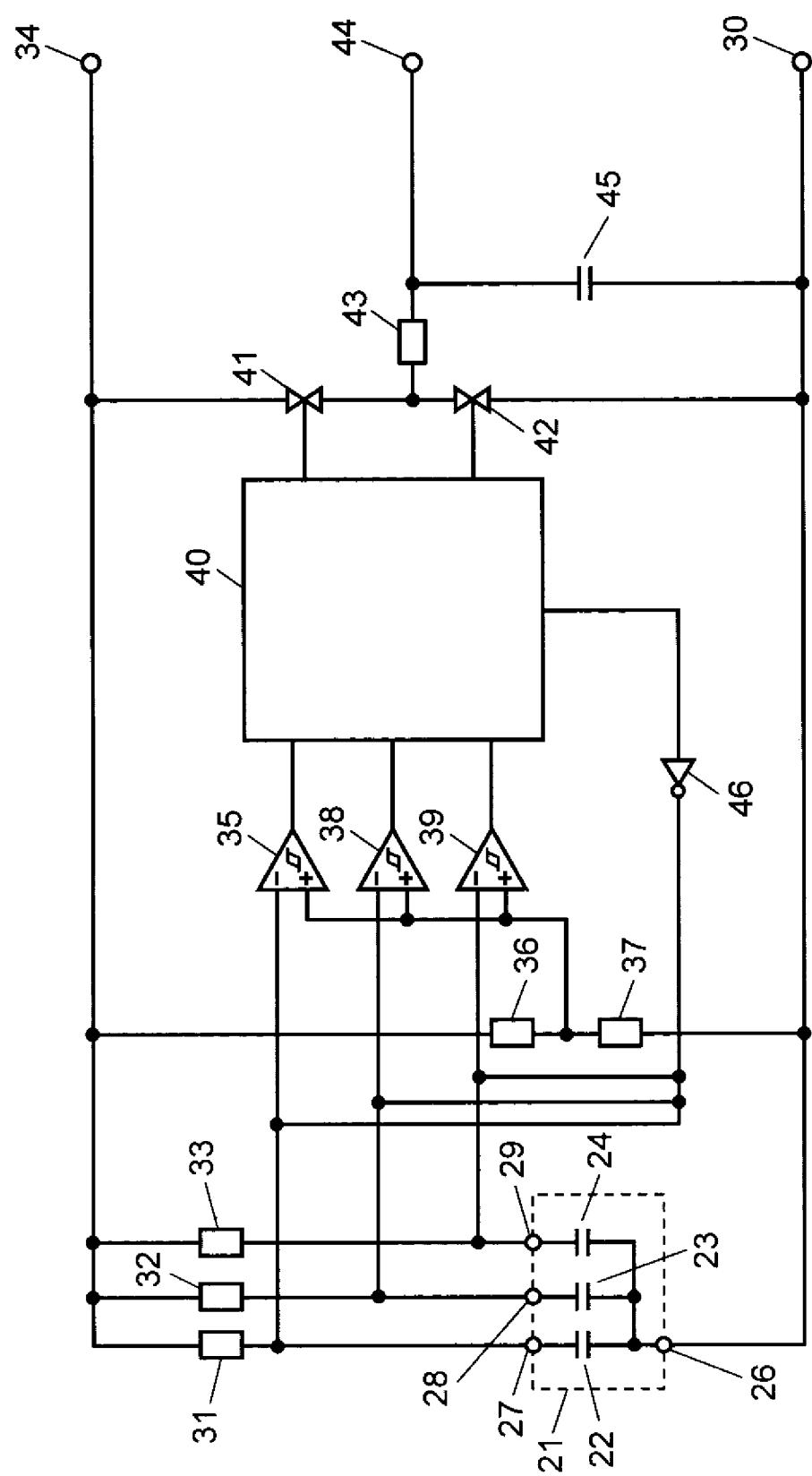
前記第3の検出電極で測定される静電容量と前記第3の抵抗とで決まる時定数が前記第4の検出電極で測定される静電容量と前記第4の抵抗とで決まる時定数より大きくなった時には、放電を停止し、充電のみを行うことを特徴とする

請求項1に記載の液位センサ。

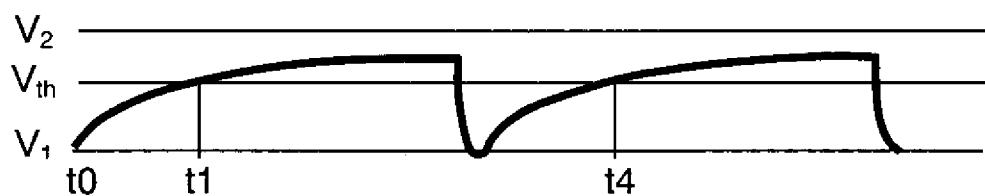
[図1]



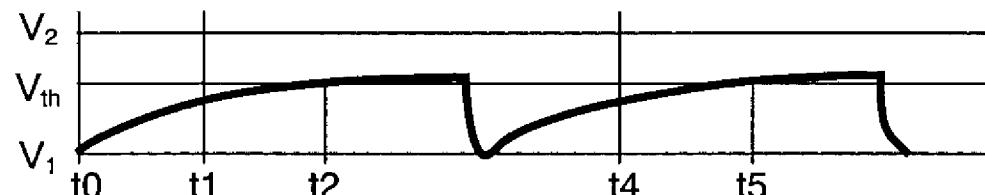
[図2]



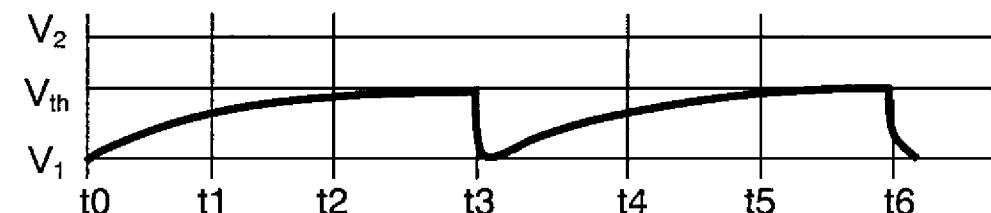
[図3A]



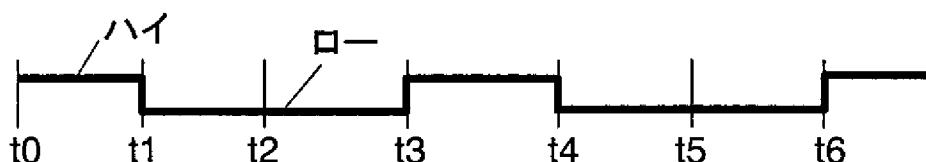
[図3B]



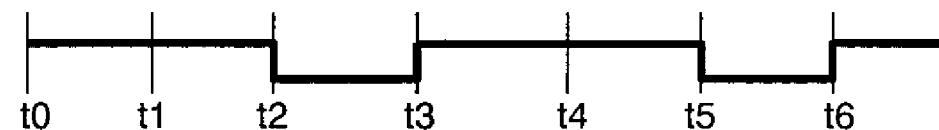
[図3C]



[図3D]



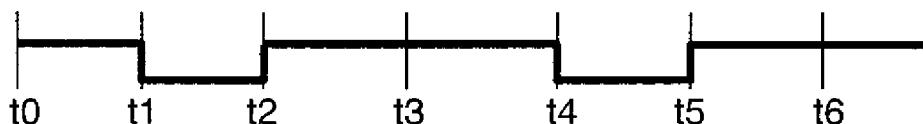
[図3E]



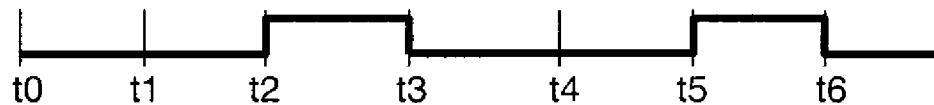
[図3F]



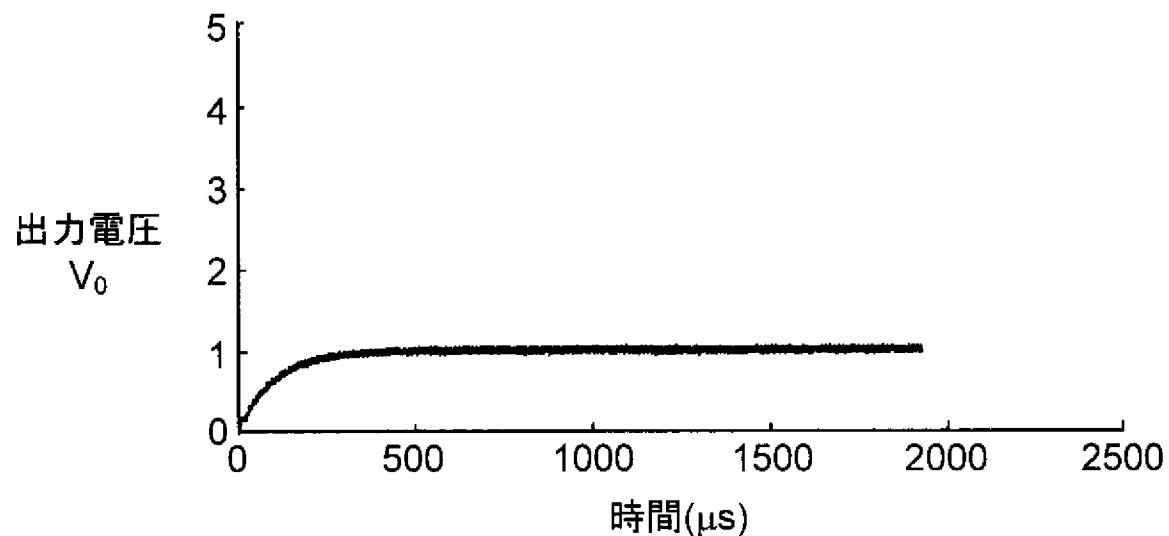
[図3G]



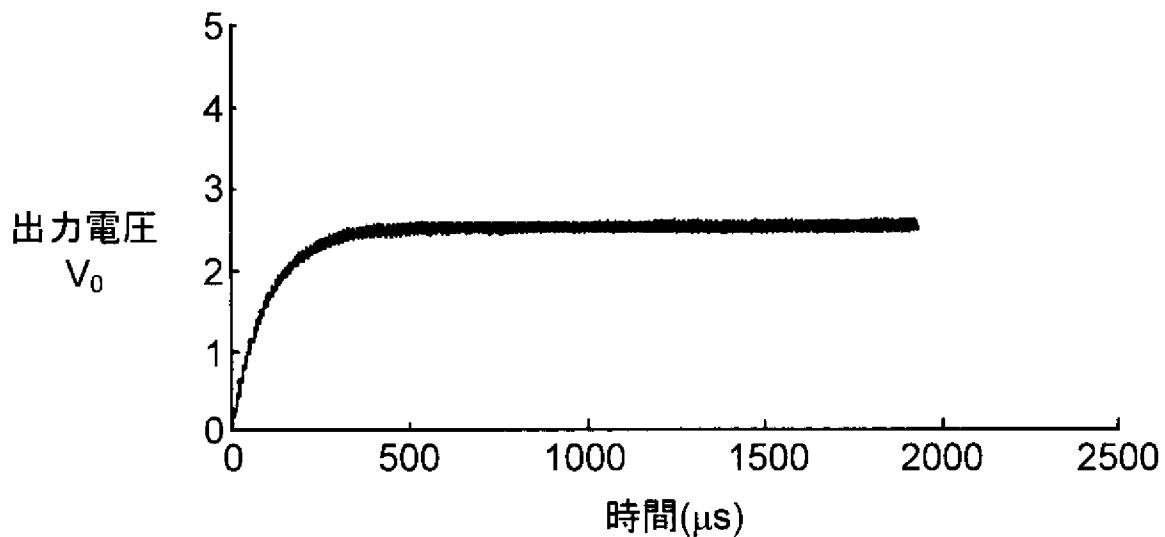
[図3H]



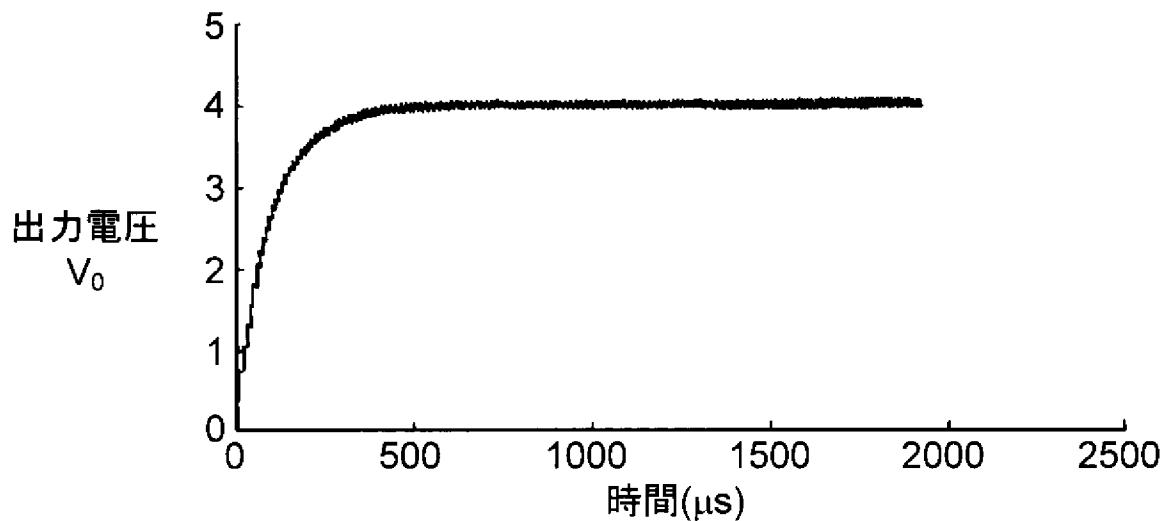
[図4]



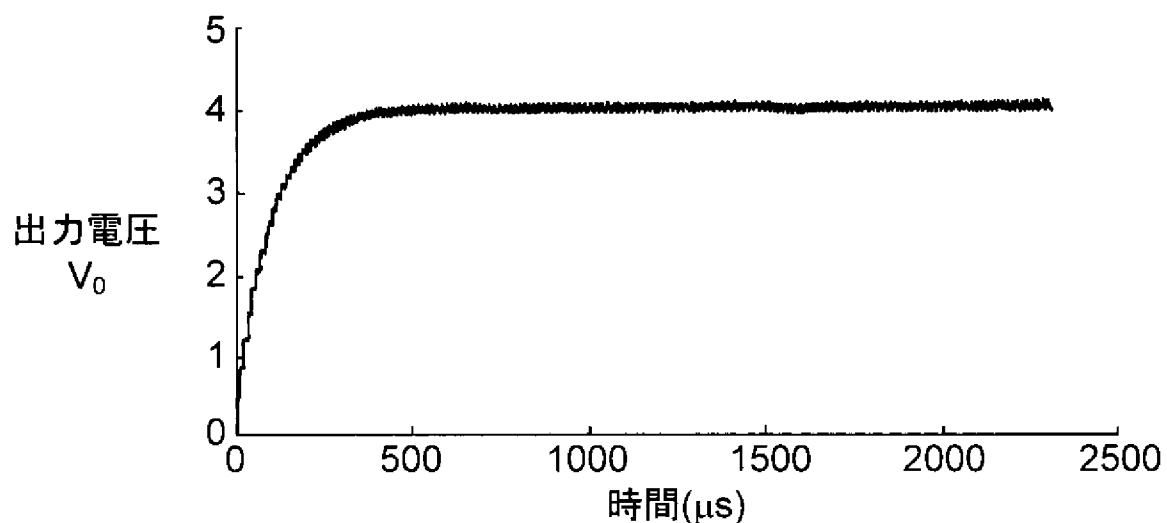
[図5]



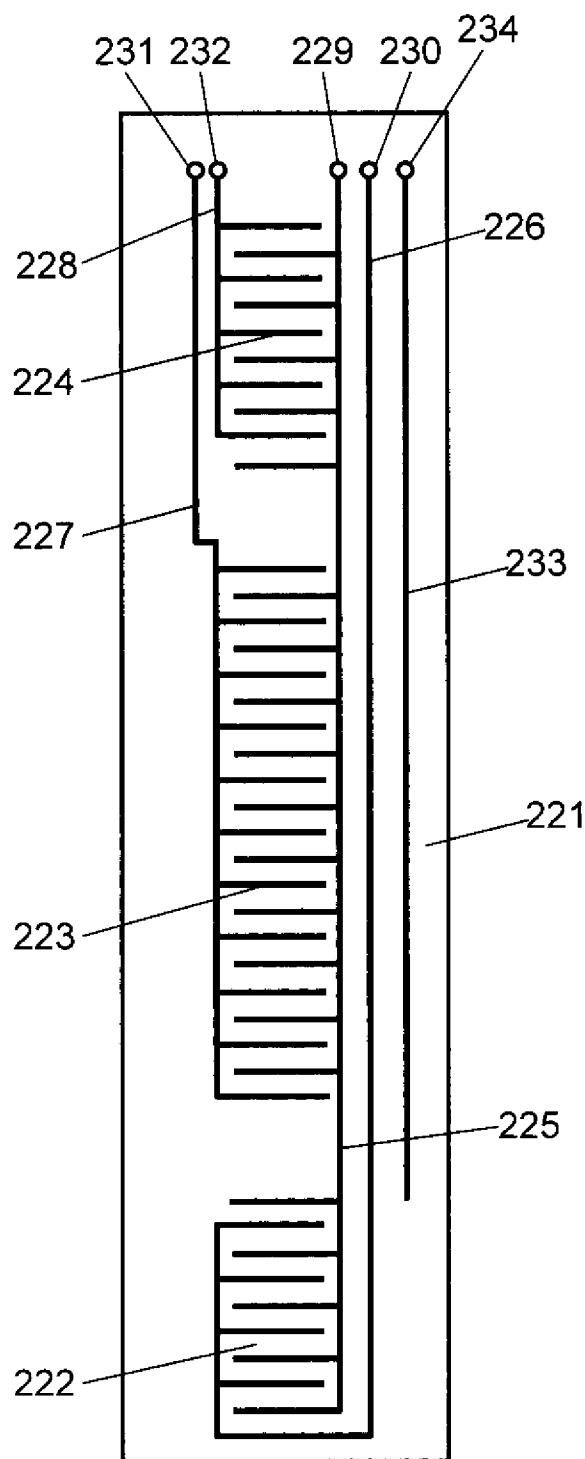
[図6]



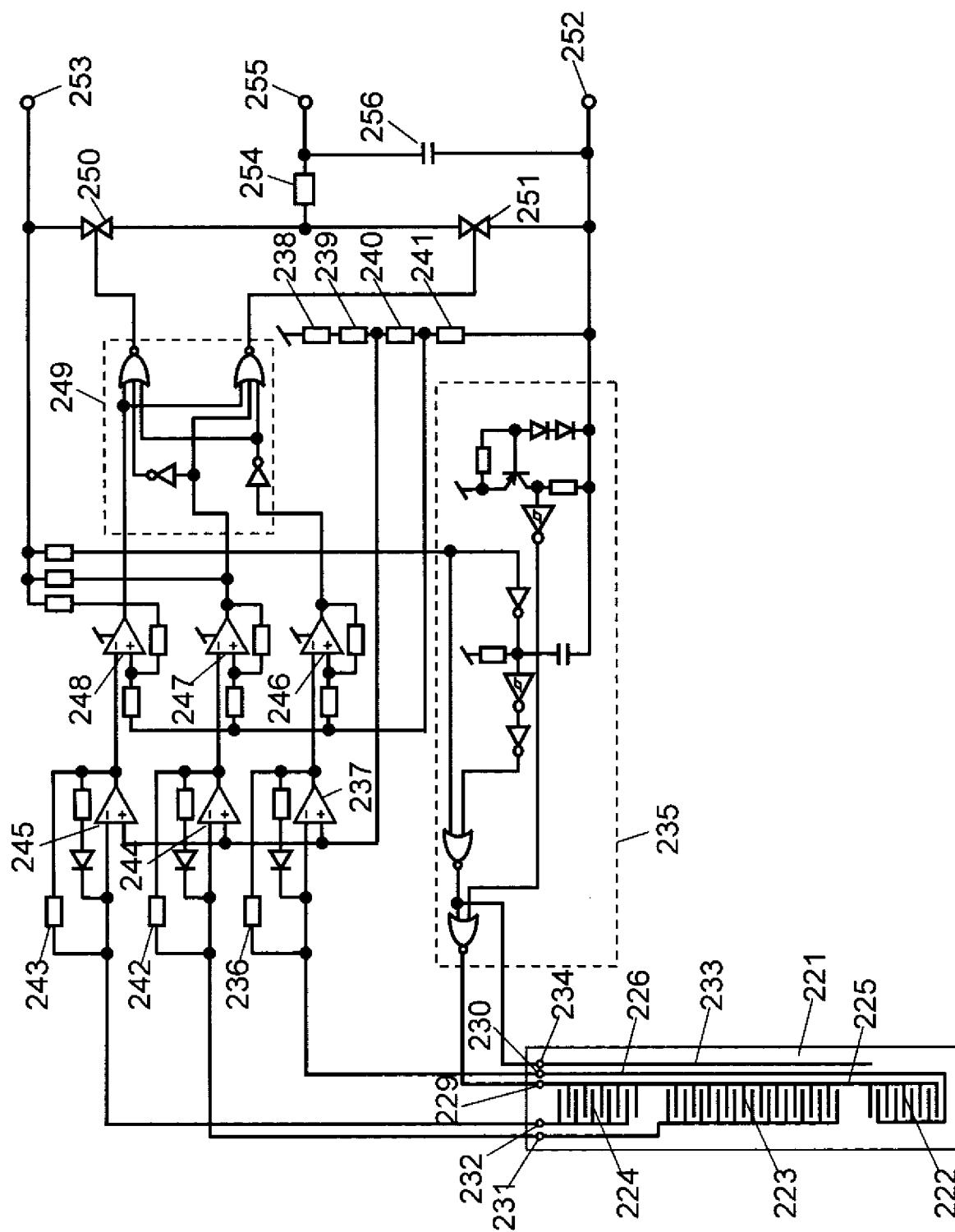
[図7]



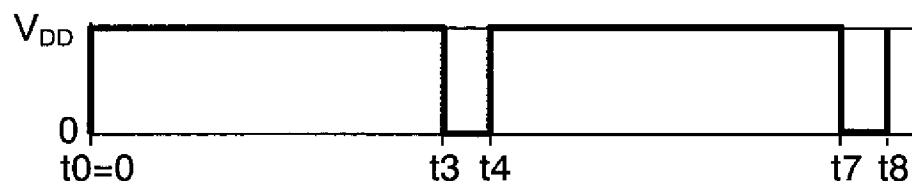
[図8]



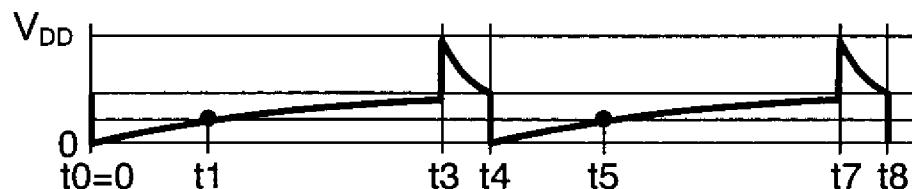
[図9]



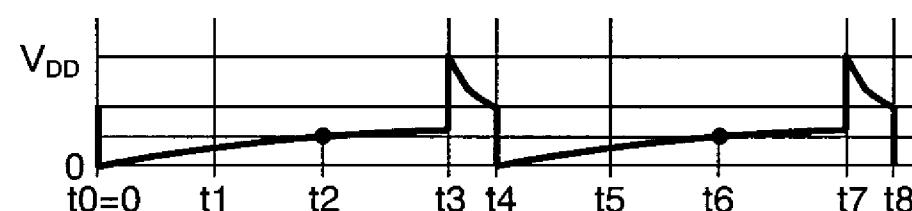
[図10A]



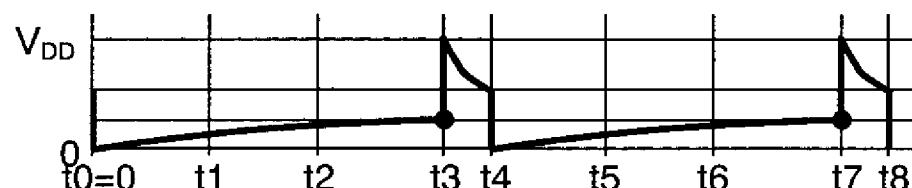
[図10B]



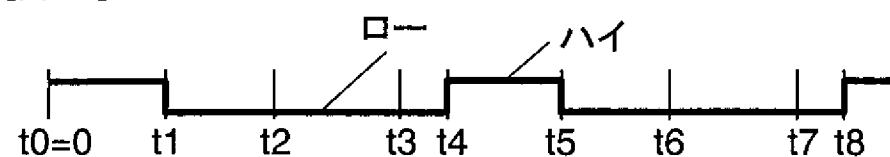
[図10C]



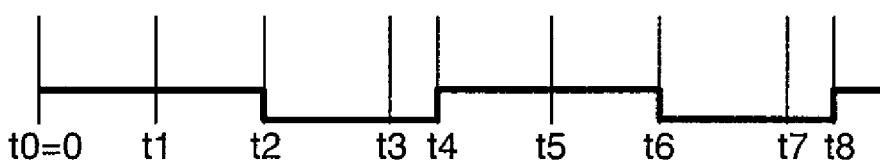
[図10D]



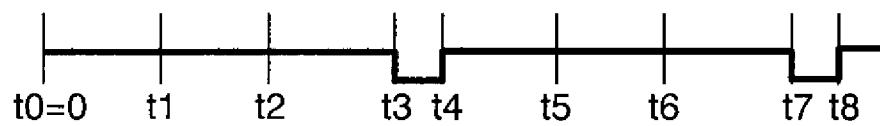
[図10E]



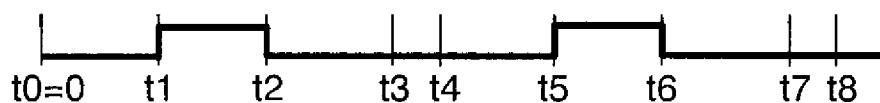
[図10F]



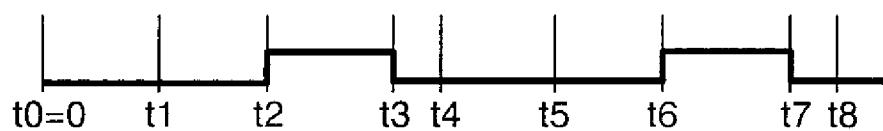
[図10G]



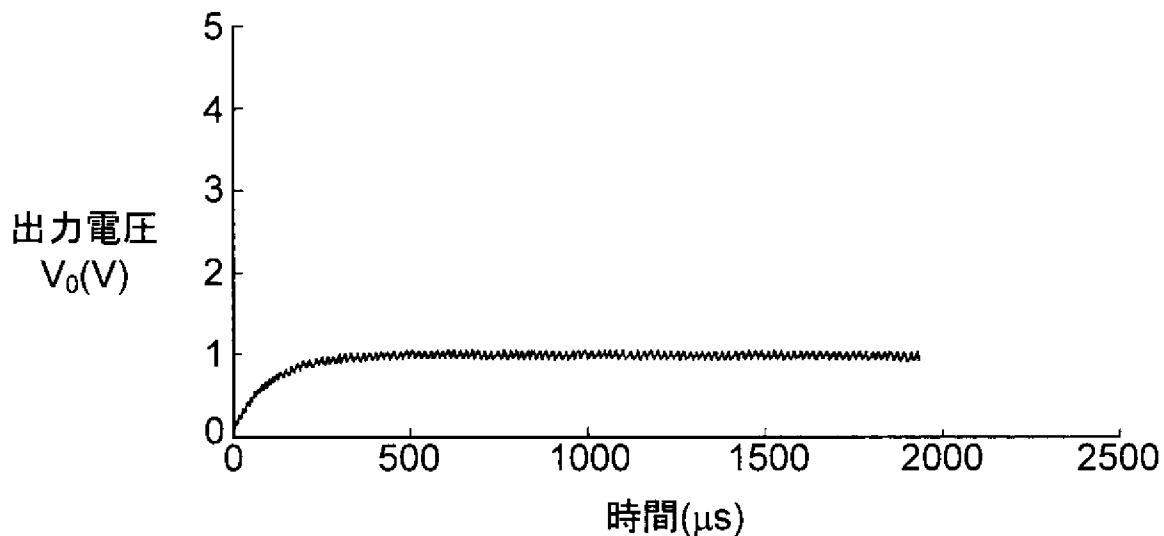
[図10H]



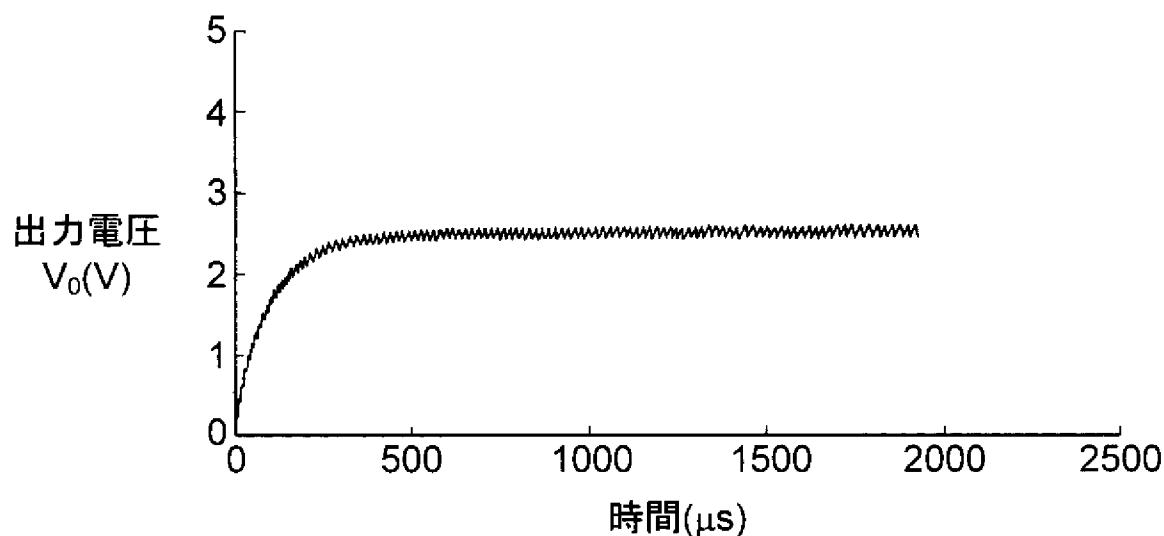
[図10]



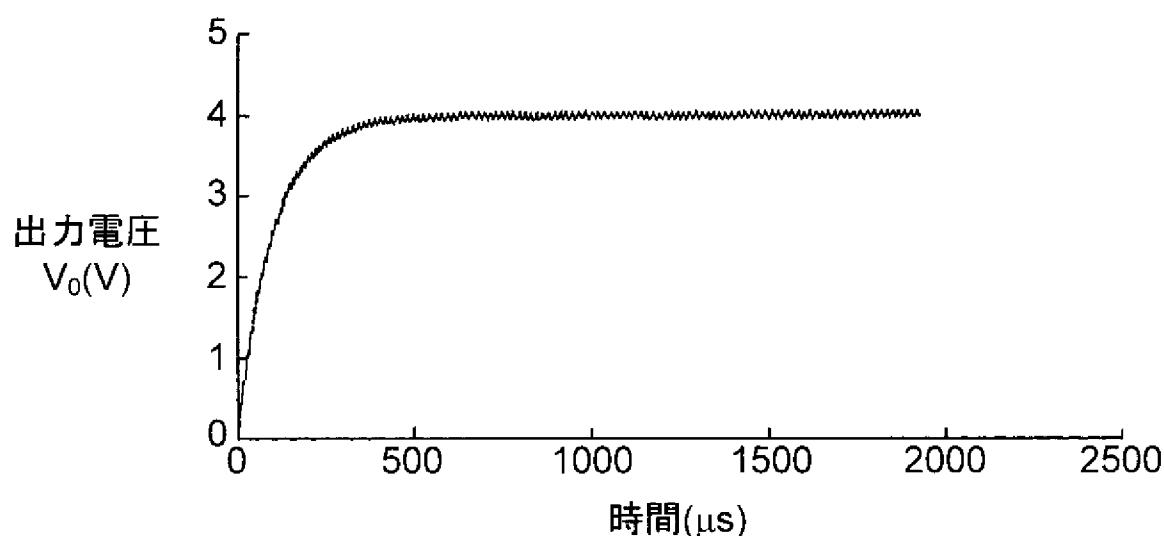
[図11]



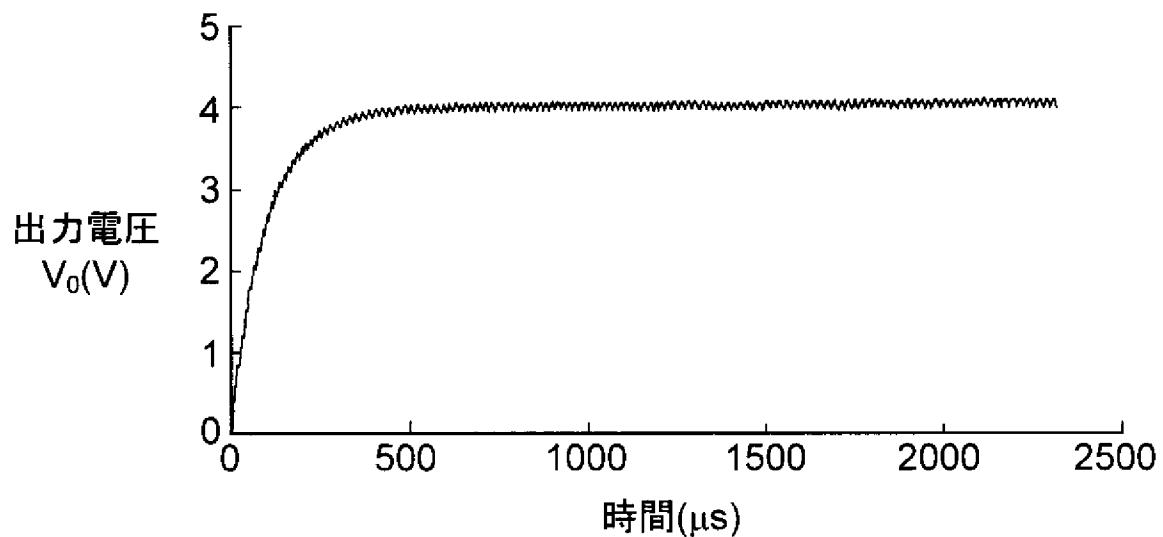
[図12]



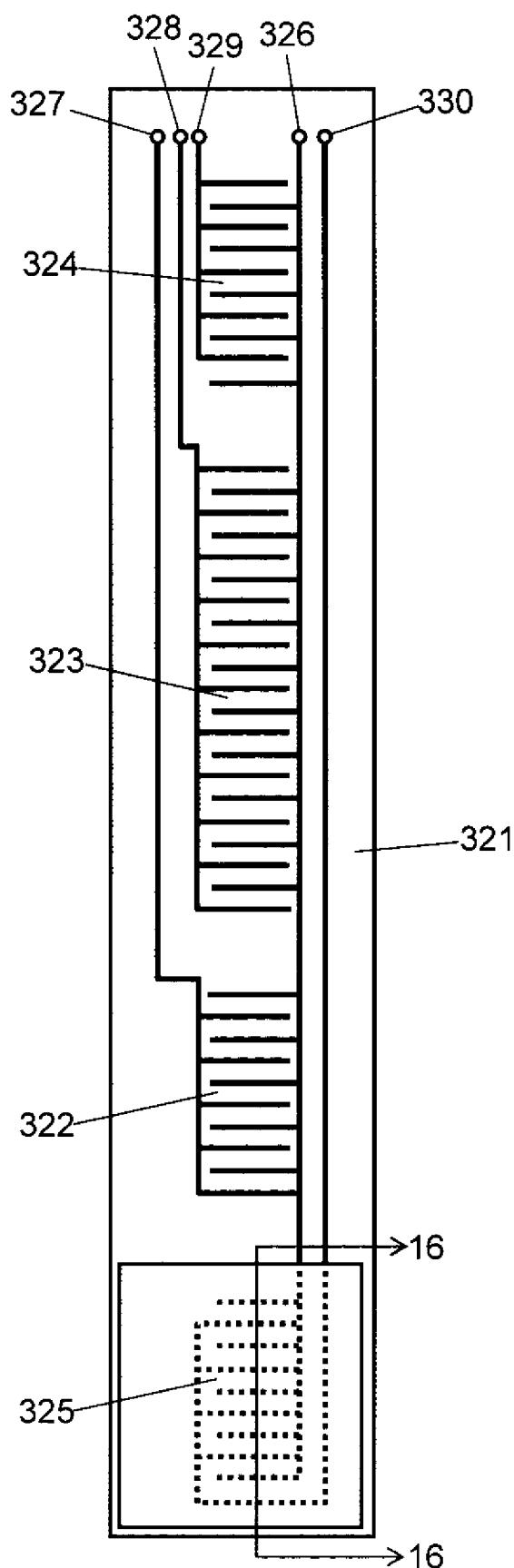
[図13]



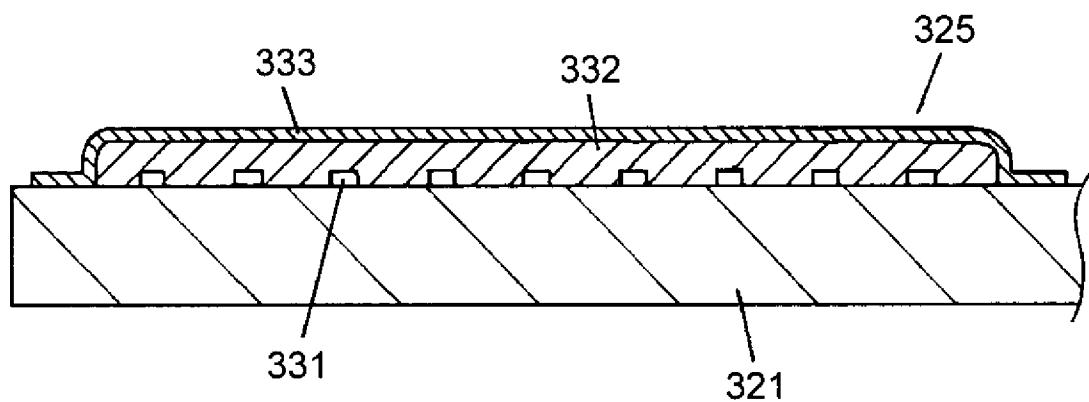
[図14]



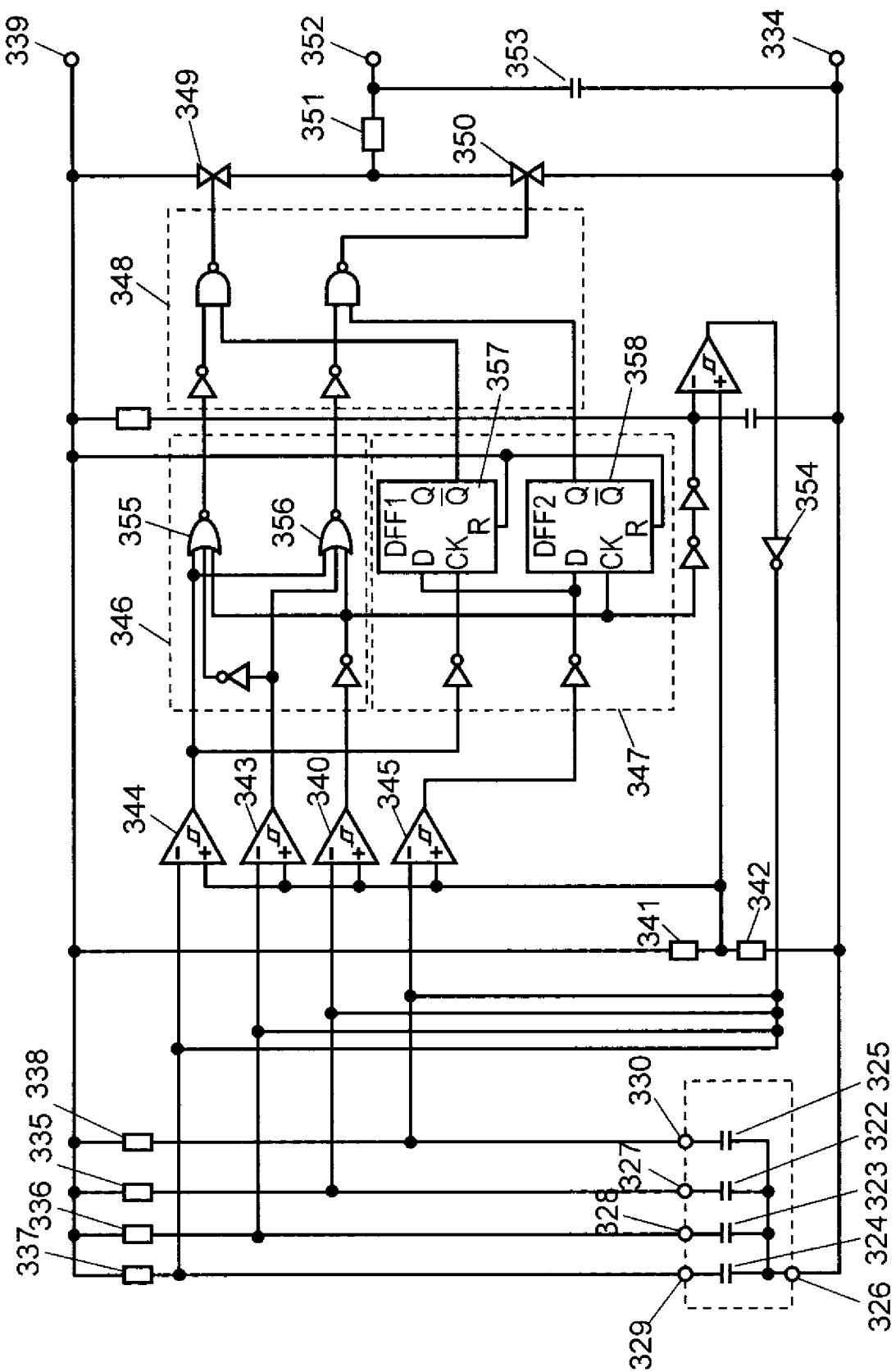
[図15]



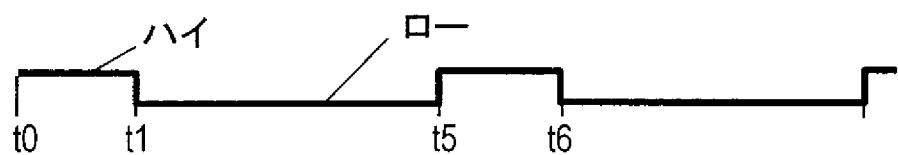
[図16]



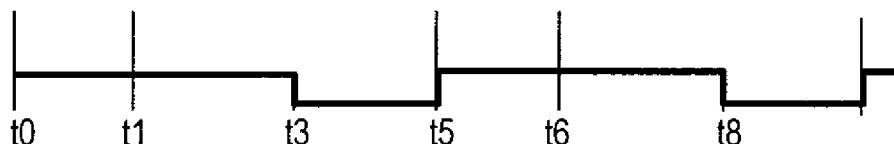
[図17]



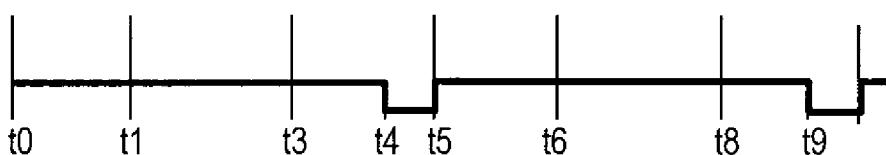
[図18A]



[図18B]



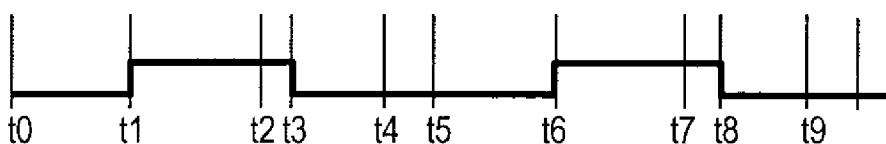
[図18C]



[図18D]



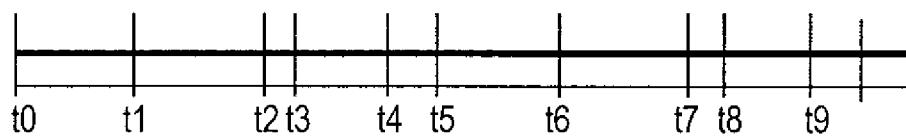
[図18E]



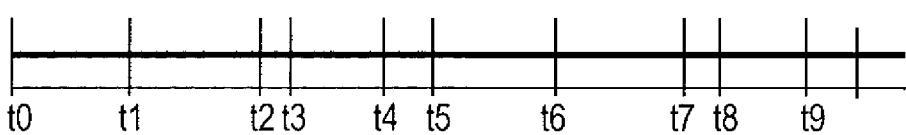
[図18F]



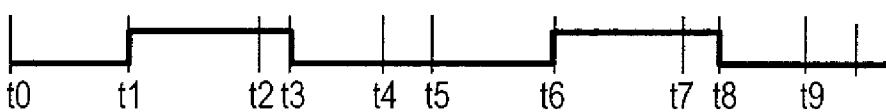
[図18G]



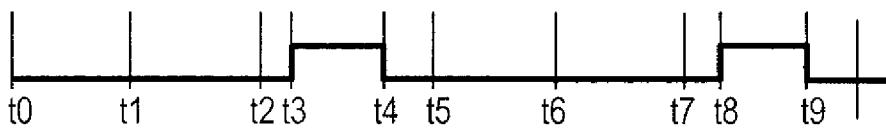
[図18H]



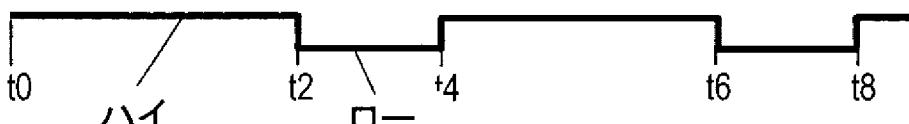
[図18I]



[図18J]



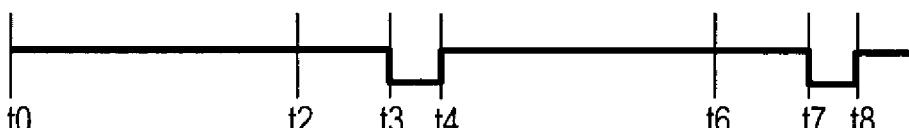
[図19A]



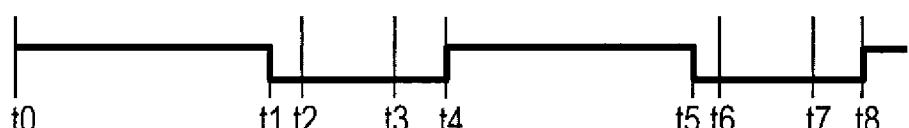
[図19B]



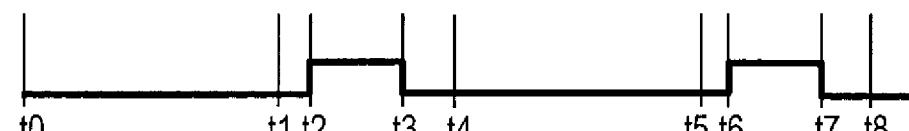
[図19C]



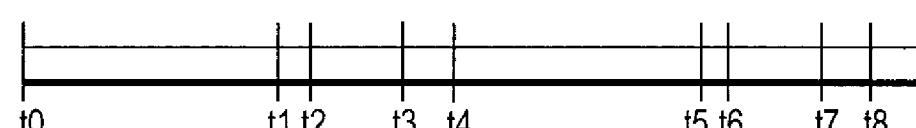
[図19D]



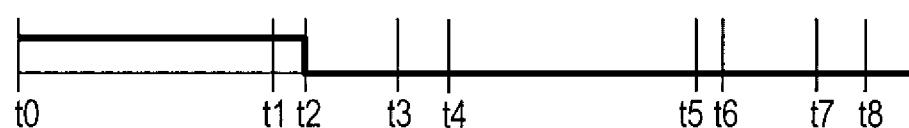
[図19E]



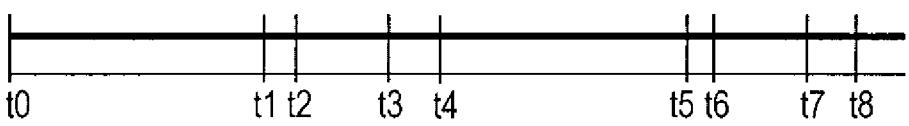
[図19F]



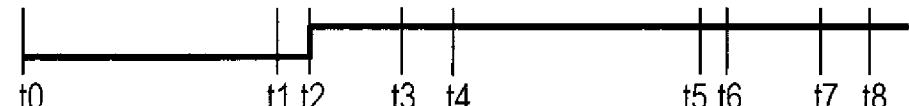
[図19G]



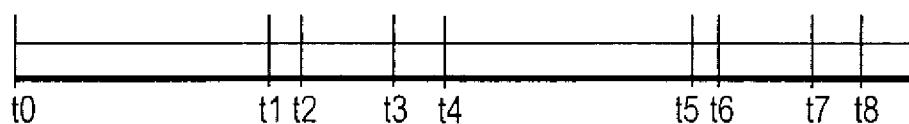
[図19H]



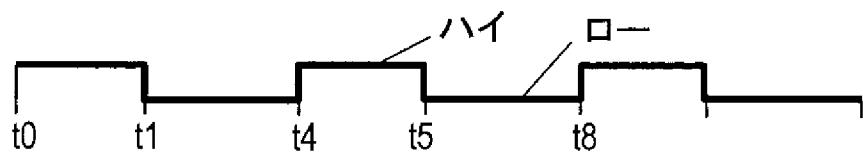
[図19I]



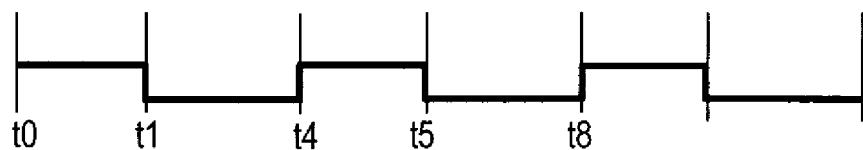
[図19J]



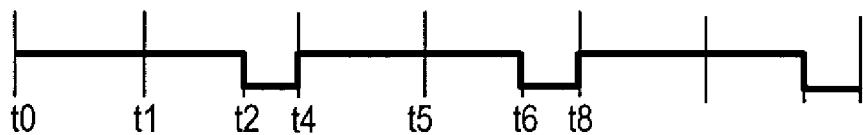
[図20A]



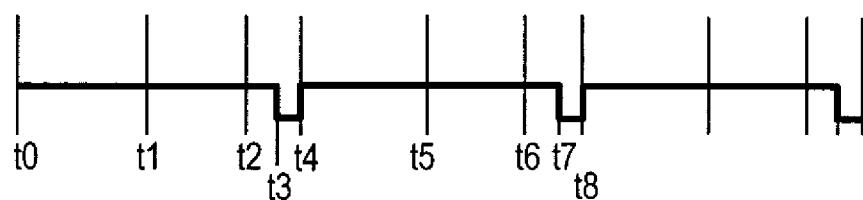
[図20B]



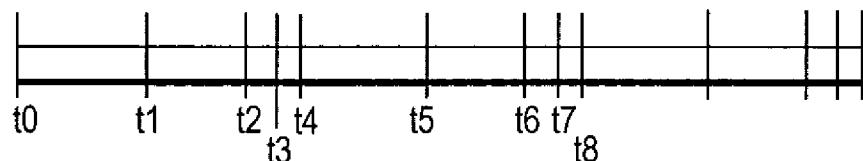
[図20C]



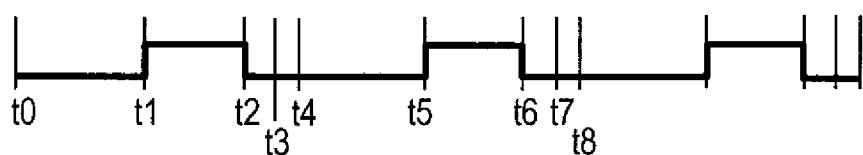
[図20D]



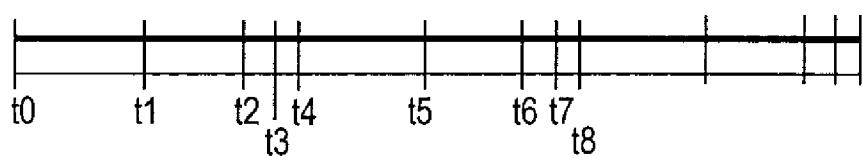
[図20E]



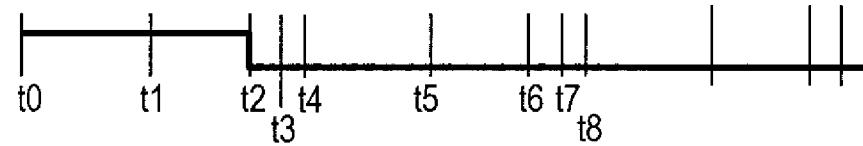
[図20F]



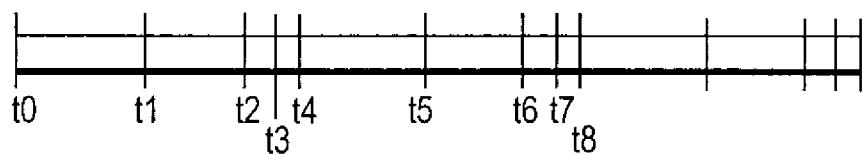
[図20G]



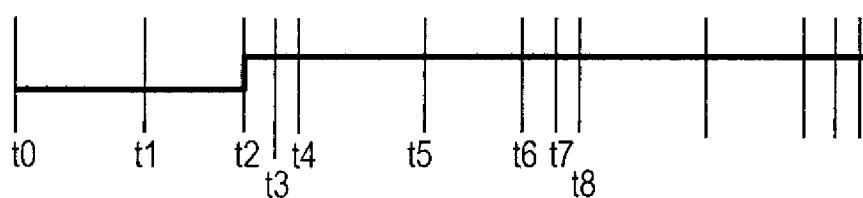
[図20H]



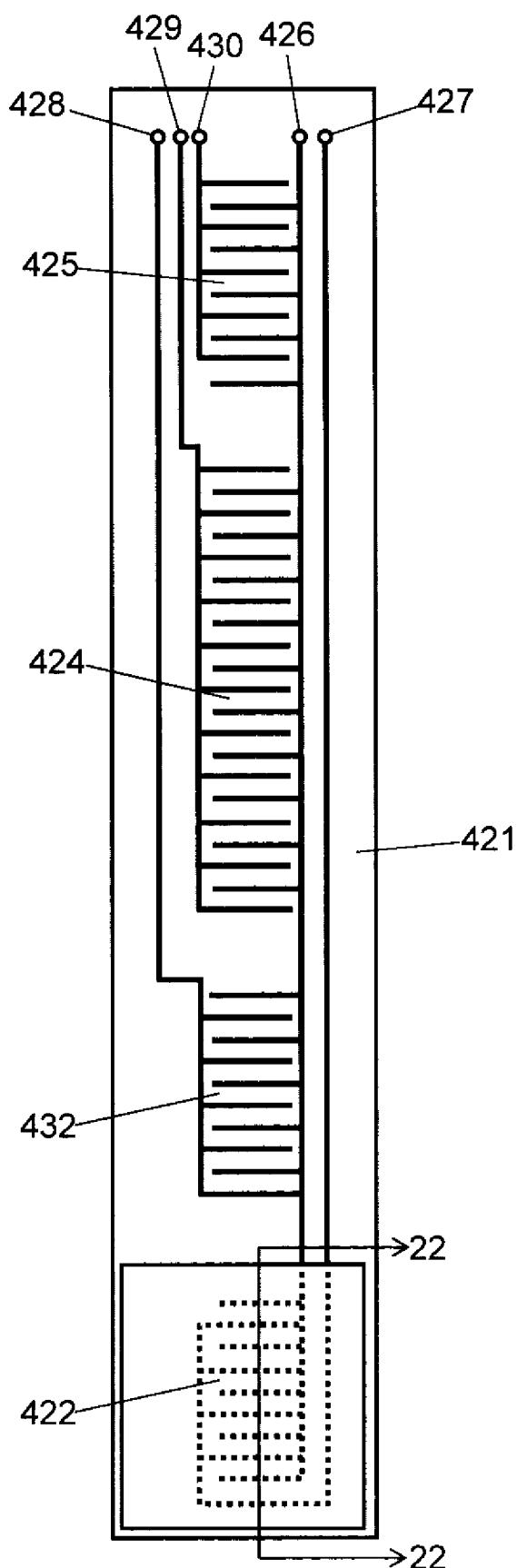
[図20I]



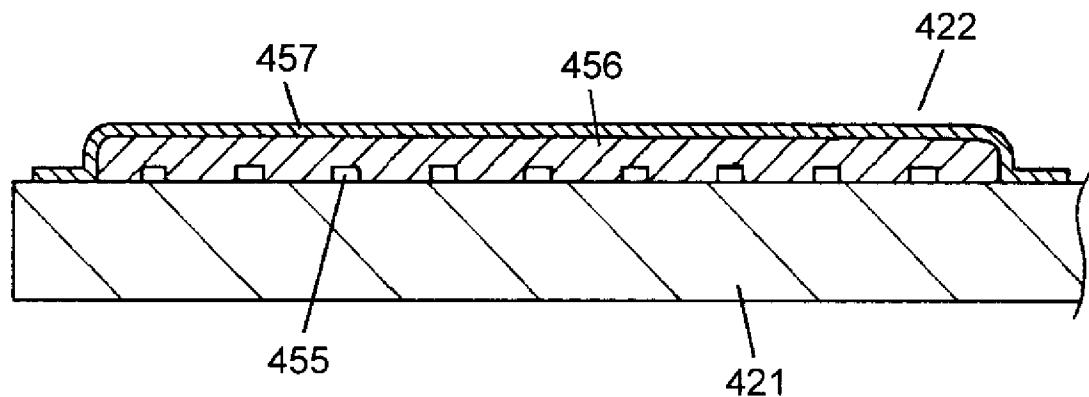
[図20J]



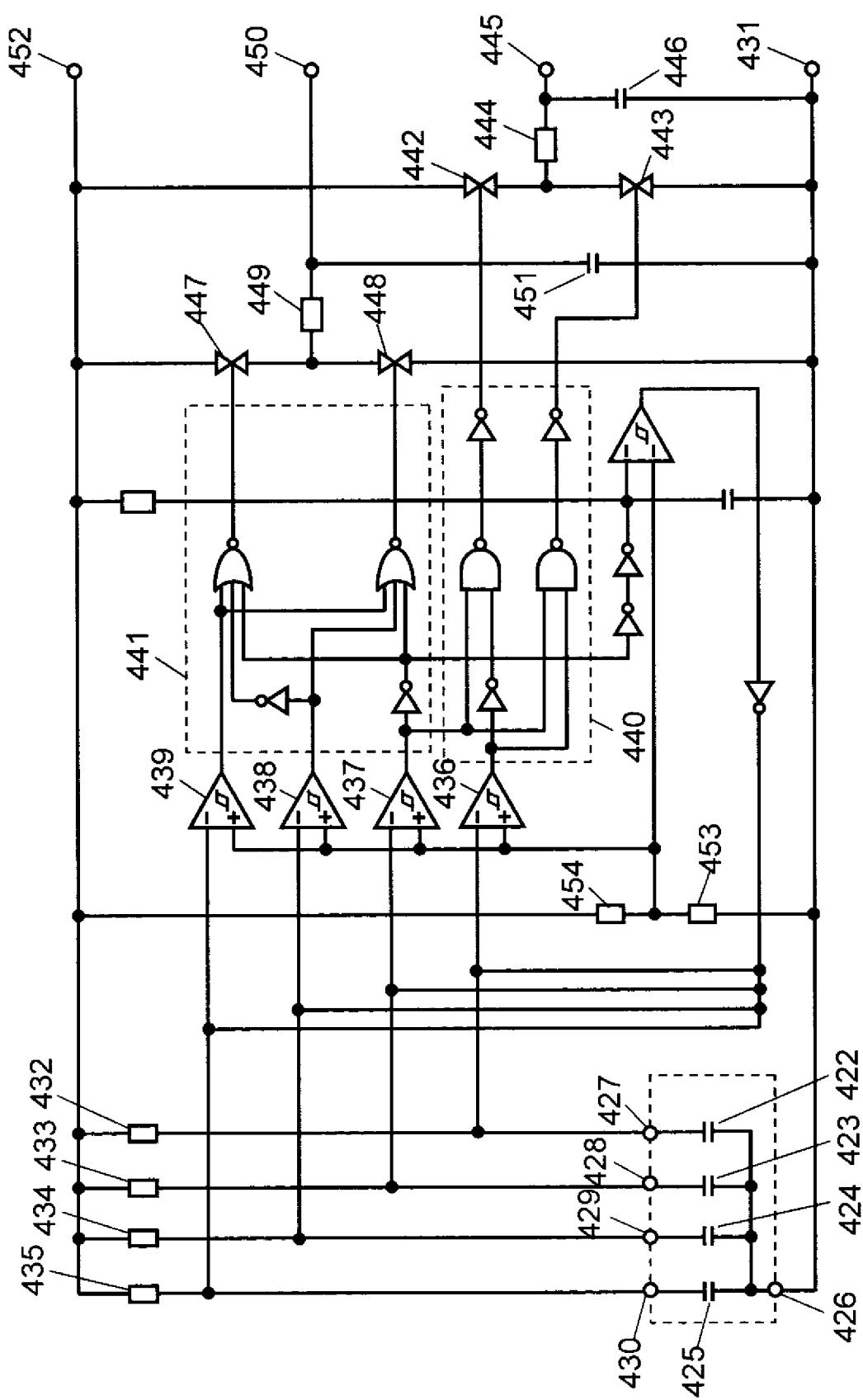
[図21]



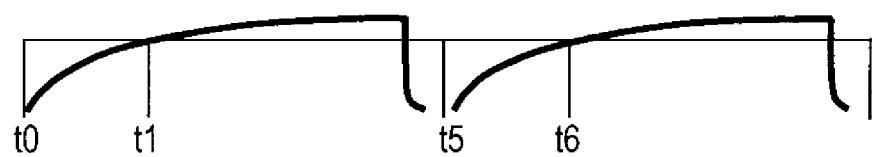
[図22]



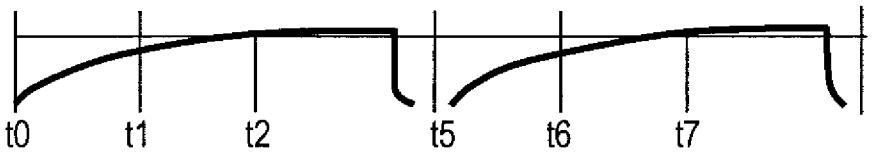
[FIG.23]



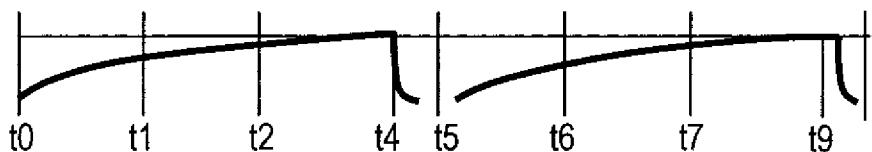
[図24A]



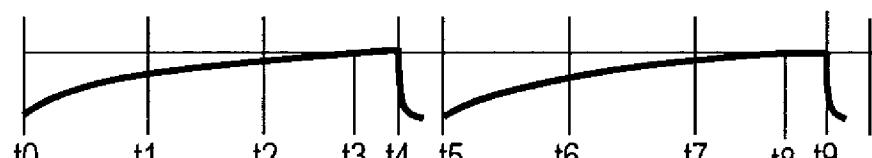
[図24B]



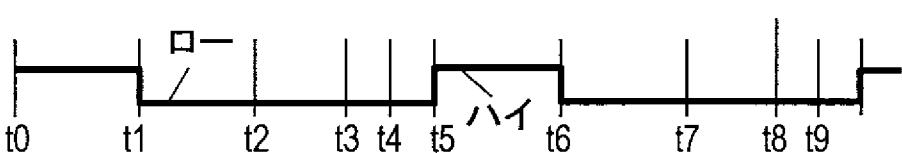
[図24C]



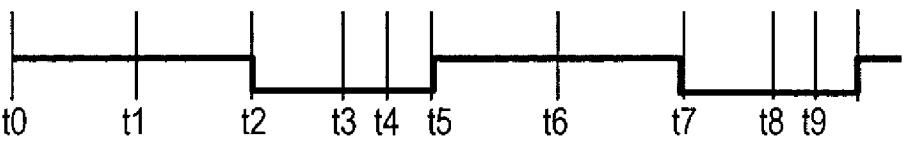
[図24D]



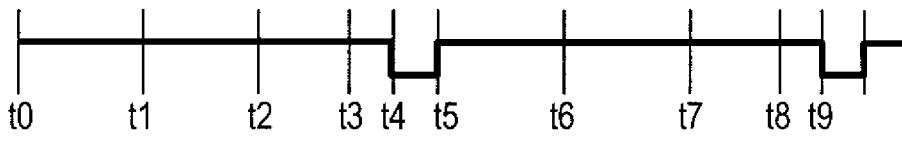
[図24E]



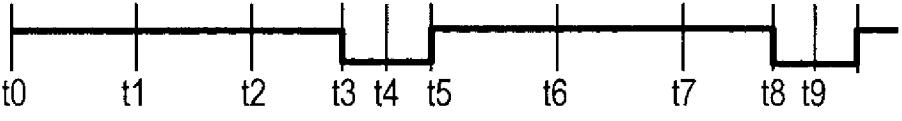
[図24F]



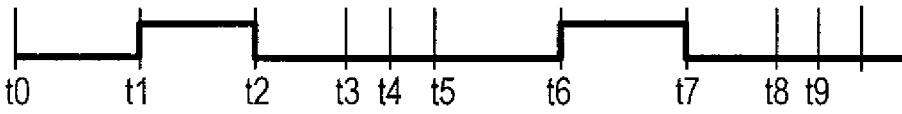
[図24G]



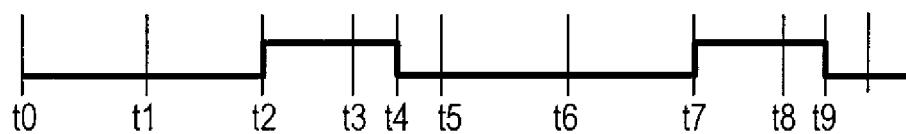
[図24H]



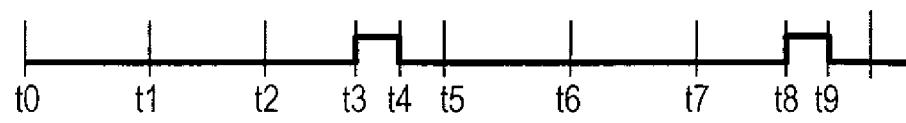
[図24I]



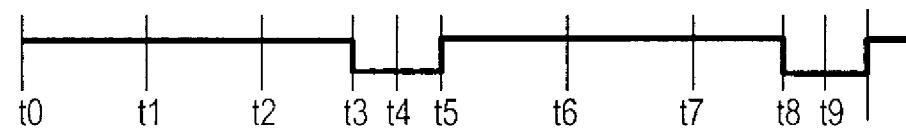
[図24J]



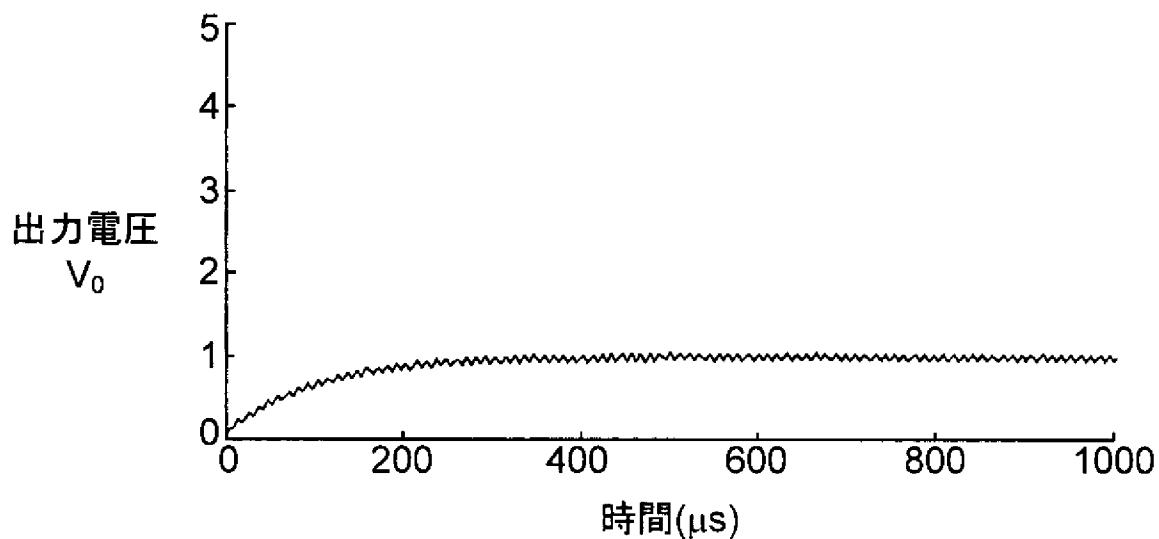
[図24K]



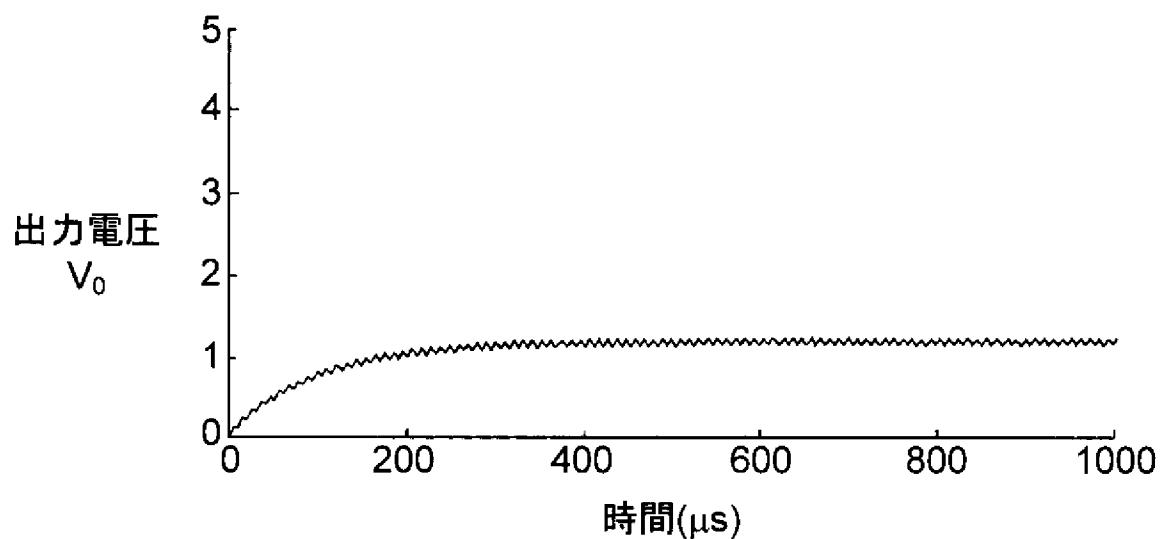
[図24L]



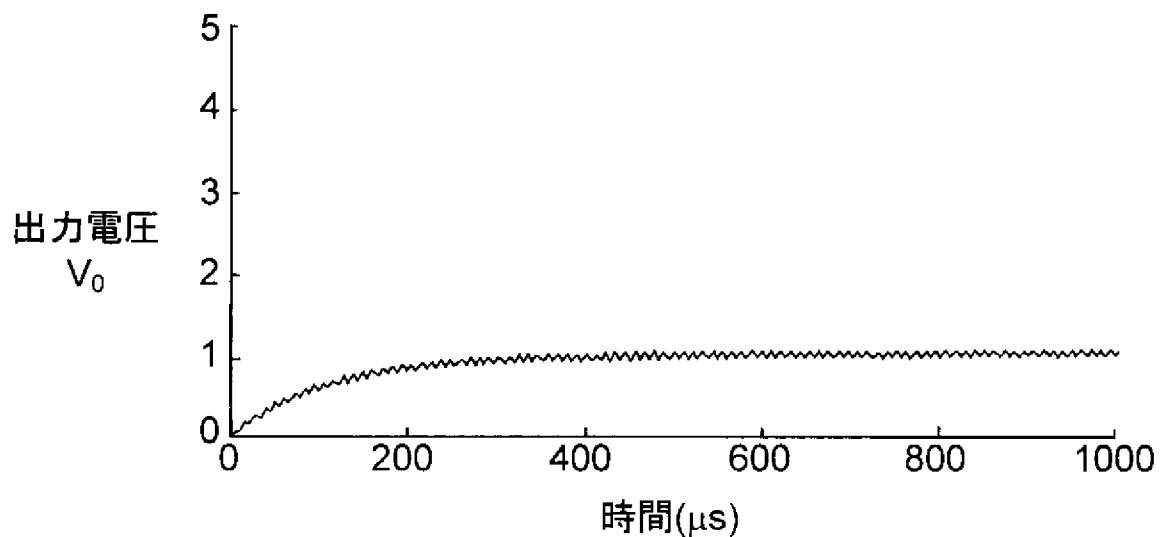
[図25]



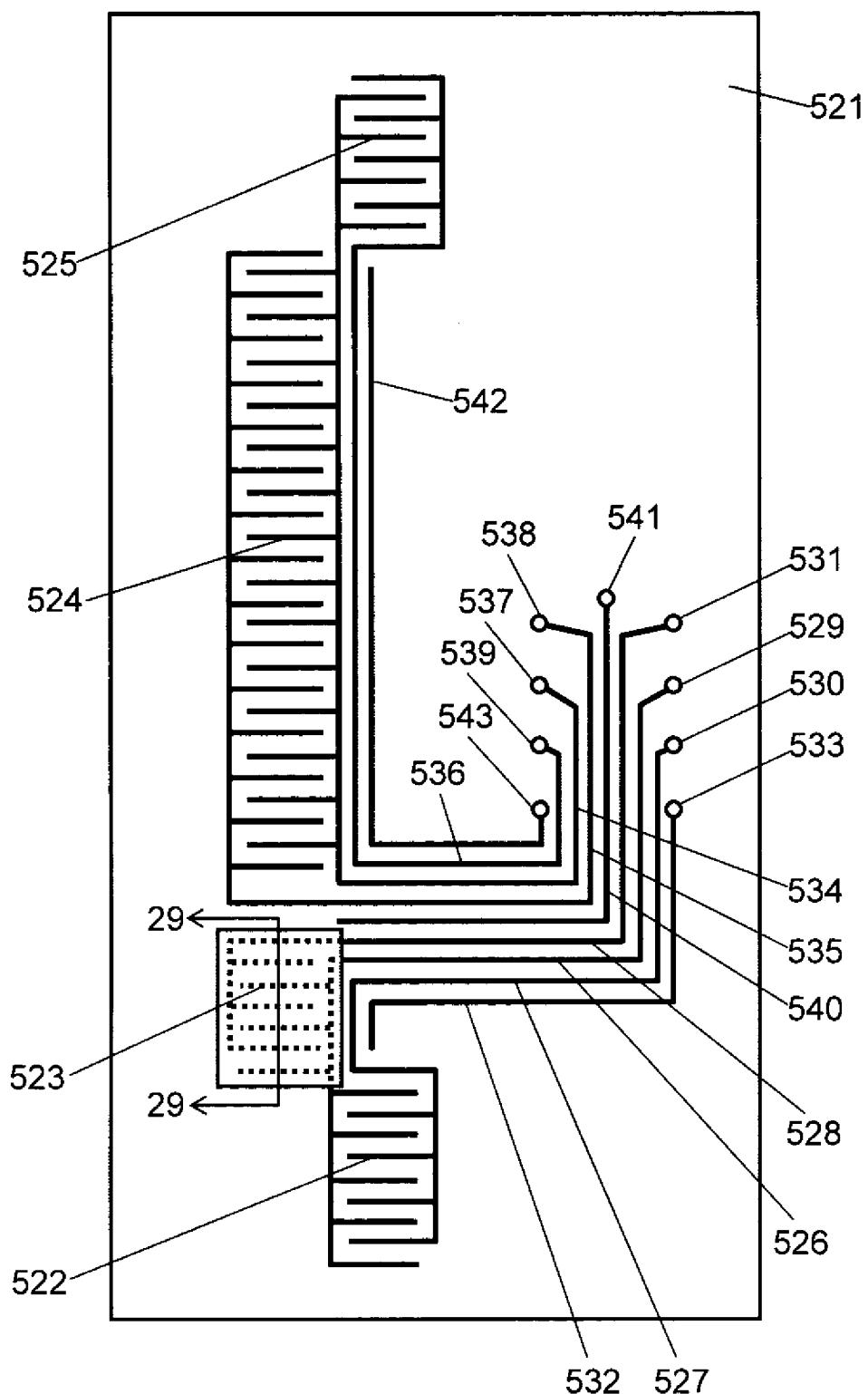
[図26]



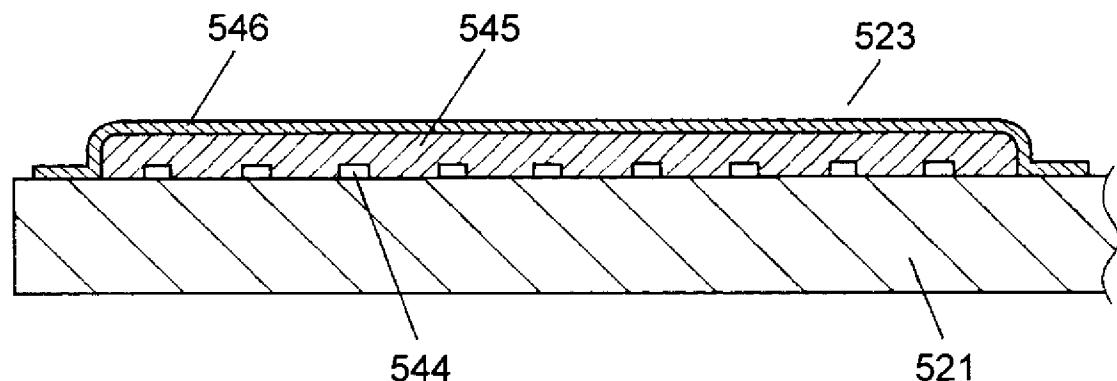
[図27]



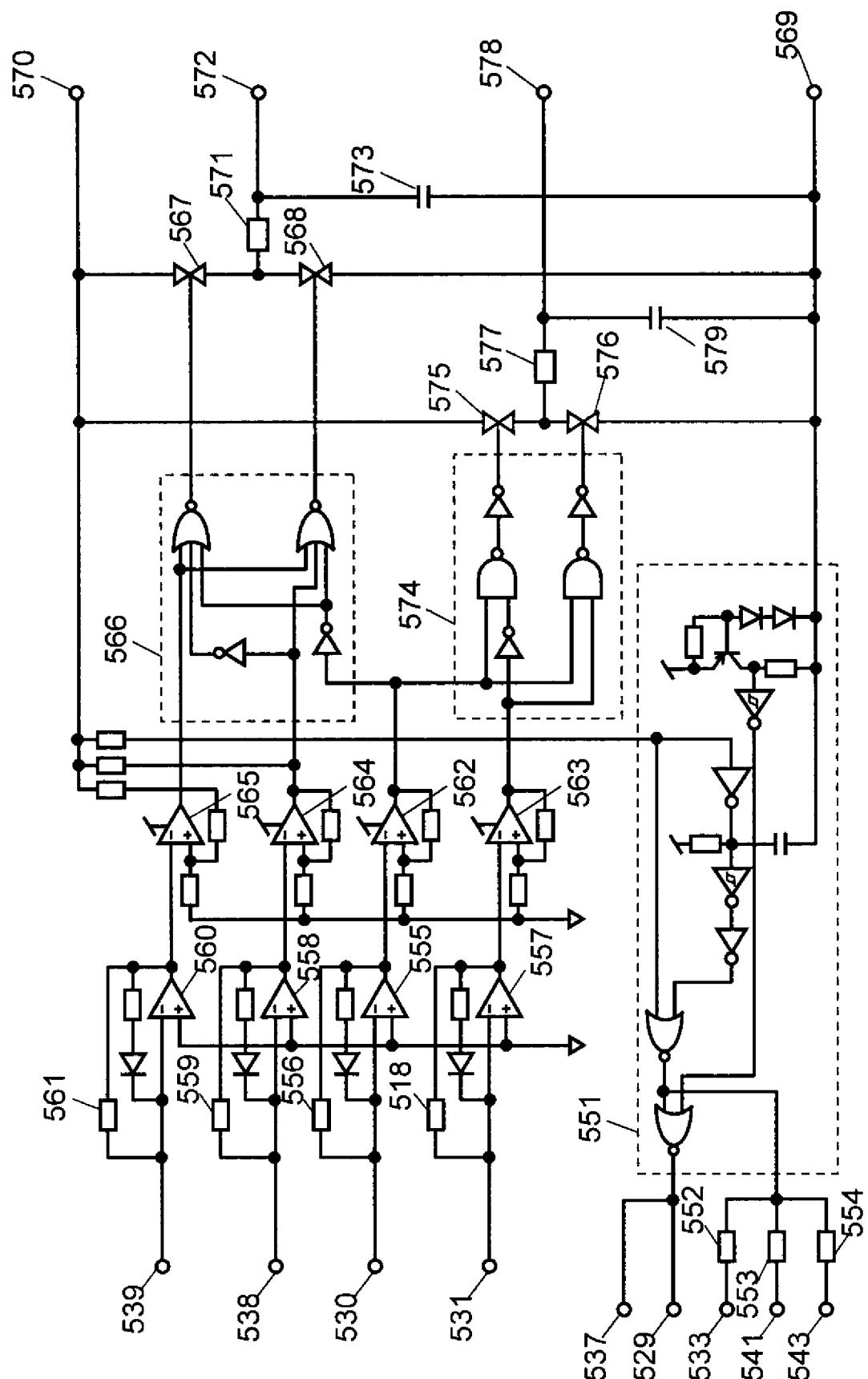
[図28]



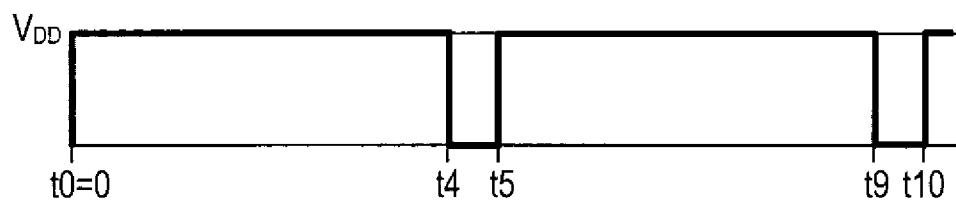
[図29]



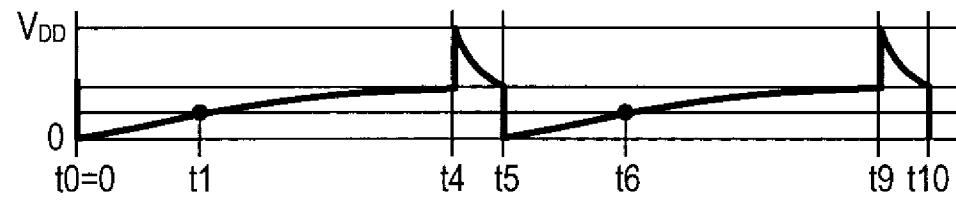
[图30]



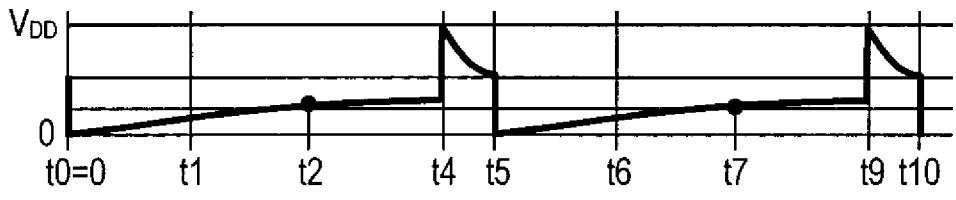
[図31A]



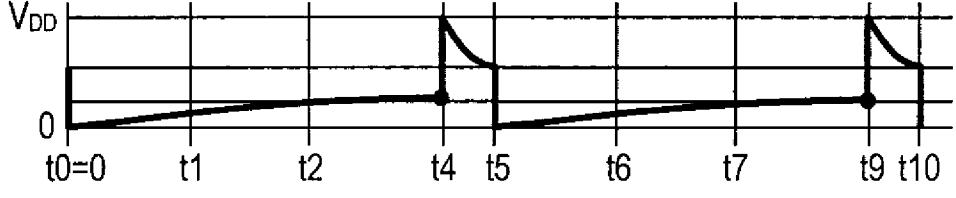
[図31B]



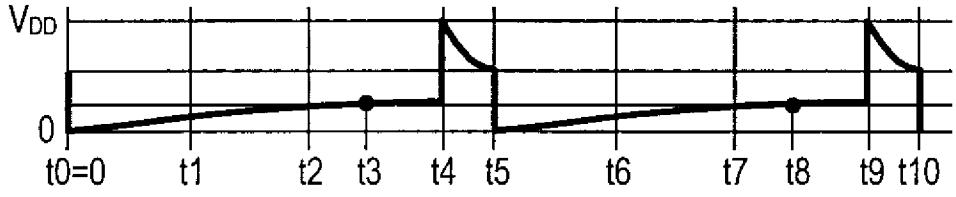
[図31C]



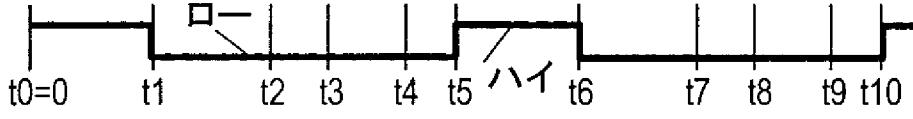
[図31D]



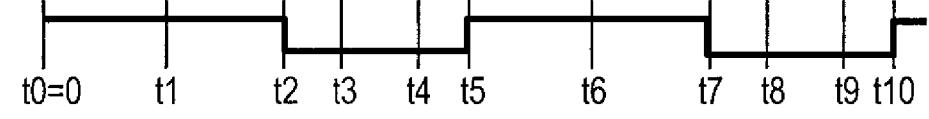
[図31E]



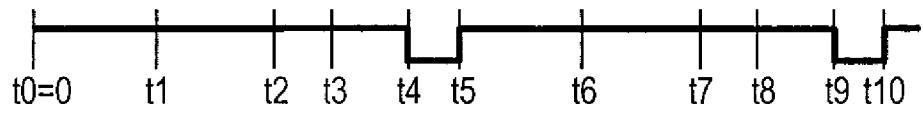
[図31F]



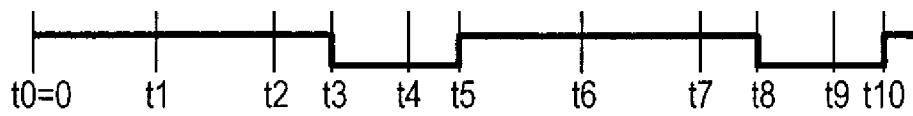
[図31G]



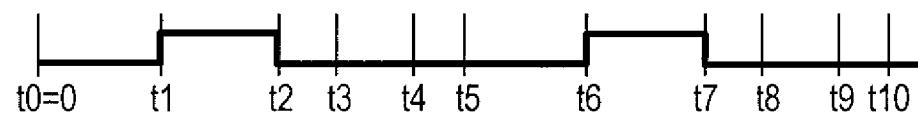
[図31H]



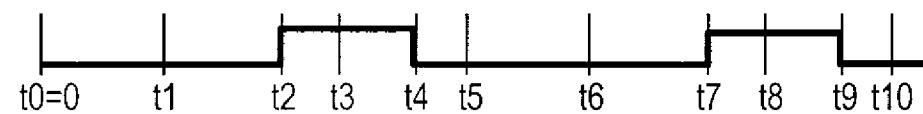
[図31I]



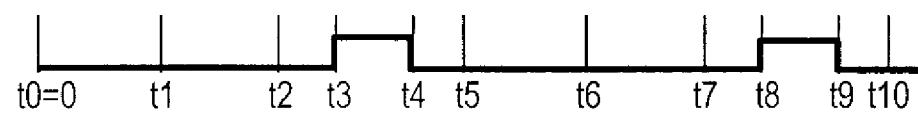
[図31J]



[図31K]



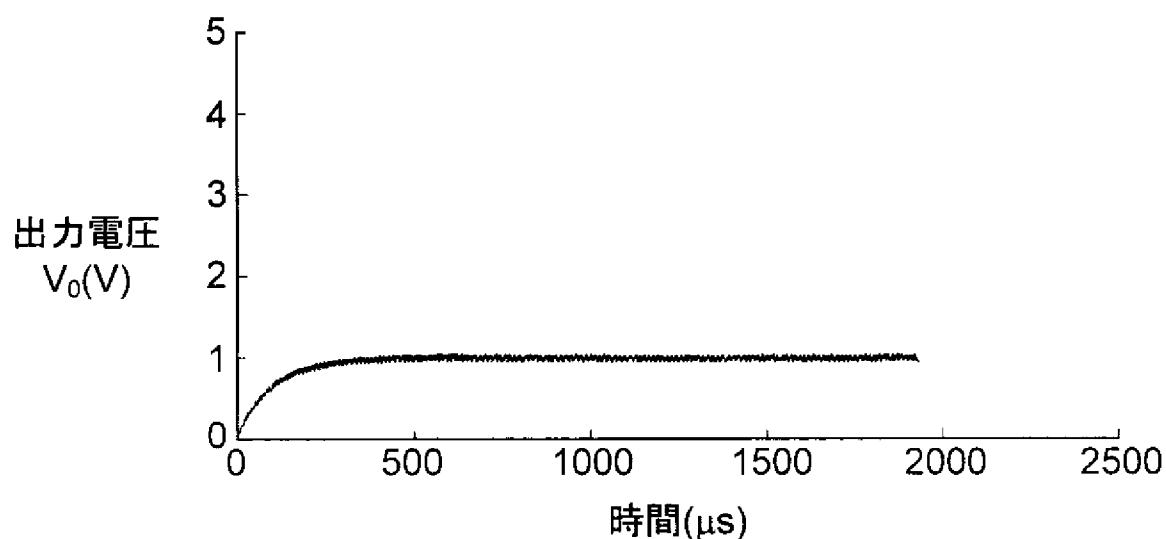
[図31L]



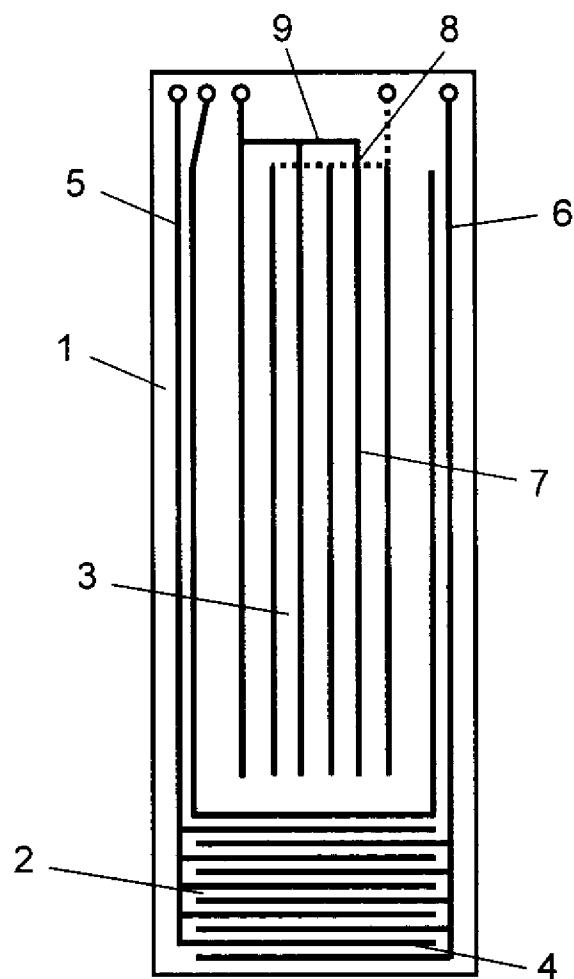
[図31M]



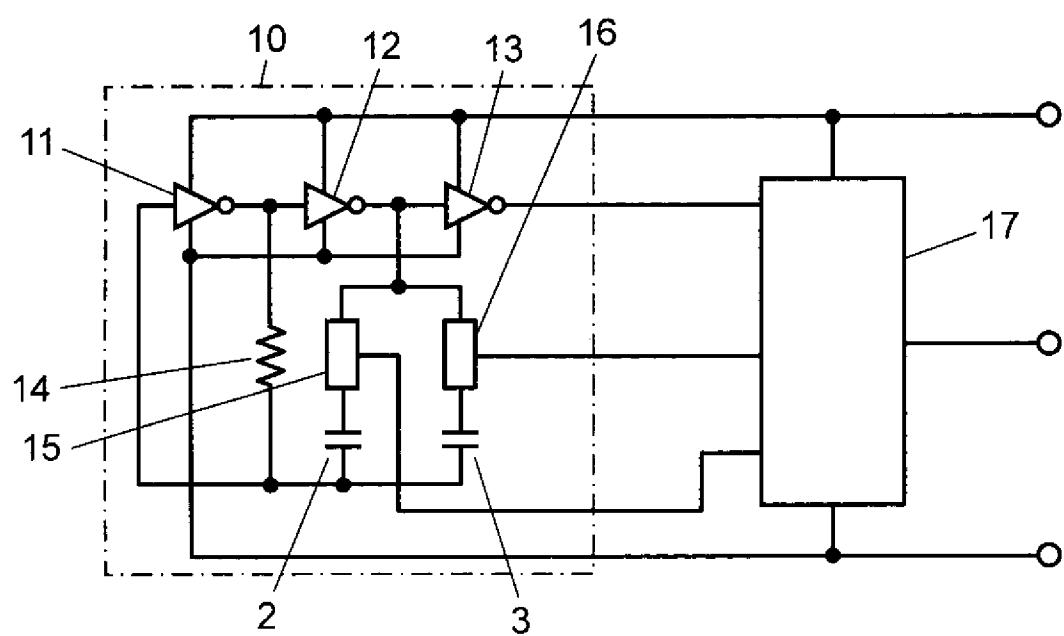
[図32]



[図33]



[図34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/003397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01F23/26 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01F23/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 2007-42332 A (Casio Computer Co., Ltd.), 15 February 2007 (15.02.2007), entire text; all drawings (Family: none) | 1-7 |
| A | JP 6-135001 A (Canon Inc.), 17 May 1994 (17.05.1994), entire text; all drawings (Family: none) | 1-7 |
| A | JP 63-79016 A (Nippon Soken, Inc., Nippondenso Co., Ltd.), 09 April 1988 (09.04.1988), entire text; all drawings (Family: none) | 1-7 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 October, 2009 (21.10.09)

Date of mailing of the international search report
02 November, 2009 (02.11.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01F23/26 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01F23/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2009年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2009年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2009年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
|-----------------|---|----------------|
| A | JP 2007-42332 A (カシオ計算機株式会社) 2007.02.15, 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-7 |
| A | JP 6-135001 A (キヤノン株式会社) 1994.05.17, 全文、全図 (ファ ミリーなし) | 1-7 |
| A | JP 63-79016 A (株式会社日本自動車部品総合研究所、日本電装株式 会社) 1988.04.09, 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-7 |

□ C欄の続きにも文献が列挙されている。

□ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 10. 2009

国際調査報告の発送日

02. 11. 2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤田 年彦

2F 9022

電話番号 03-3581-1101 内線 3216