

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7645386号
(P7645386)

(45)発行日 令和7年3月13日(2025.3.13)

(24)登録日 令和7年3月5日(2025.3.5)

(51)国際特許分類

F I

H 0 3 H 9/19 (2006.01)

H 0 3 H 9/19

F

請求項の数 3 (全12頁)

(21)出願番号	特願2023-543795(P2023-543795)	(73)特許権者	000006633
(86)(22)出願日	令和4年8月8日(2022.8.8)		京セラ株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/030212		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(87)国際公開番号	WO2023/026835	(74)代理人	100090033
(87)国際公開日	令和5年3月2日(2023.3.2)		弁理士 荒船 博司
審査請求日	令和6年2月7日(2024.2.7)	(74)代理人	100093045
(31)優先権主張番号	特願2021-137676(P2021-137676)		弁理士 荒船 良男
(32)優先日	令和3年8月26日(2021.8.26)	(72)発明者	後藤 正彦
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
		(72)発明者	京セラ株式会社内
			湯村 雅俊
			京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
			京セラ株式会社内
		(72)発明者	二藤部 剛
			京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水晶振動素子及び水晶デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

発振周波数が50MHz以上100MHz以下の範囲にある水晶片と、
当該水晶片の両面上にそれぞれ位置し、前記水晶片よりも小さい平面視矩形状の電極と、
前記電極の平面視で前記水晶片のX軸方向に沿った第1の方向に垂直な第2の方向に沿って伸びる外縁に一端がつながっている引出し導体と、
を備え、
前記電極は、前記第1の方向についての長さが、前記第2の方向についての幅の1.993倍以上2.525倍以下であり、
前記引出し導体は直線形状であり、
平面視で前記第2の方向についての前記水晶片の両端から前記電極の端までの距離は、それぞれ0.130mm以上0.195mm以下である、
水晶振動素子。

【請求項2】

前記発振周波数は、74MHz以上78MHz以下の範囲にある請求項1記載の水晶振動素子。

【請求項3】

請求項1又は2記載の水晶振動素子を備える水晶デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、水晶振動素子及び水晶デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

水晶片を発振させてクロック信号を生成する水晶振動素子では、水晶片の厚さに応じた発振周波数が得られる。近年、必要なクロック信号の周波数の上昇に伴って、公称周波数が76.8MHzといった50-100MHz帯の水晶振動素子が増えている。特開2020-99038号公報では、この周波数においてよりよい発振の周波数特性を得るために、水晶片のうち固定部分を振動部分よりも厚くし、振動部分の長辺寸法と短辺寸法の比を適切に定める技術について開示されている。

10

【発明の概要】

【0003】

本開示の一の態様は、

発振周波数が50MHz以上100MHz以下の範囲にある水晶片と、

当該水晶片の両面上にそれぞれ位置し、前記水晶片よりも小さい平面視矩形形状の電極と、

前記電極の平面視で前記水晶片のX軸方向に沿った第1の方向に垂直な第2の方向に沿って伸びる外縁に一端がつながっている引出し導体と、

を備え、

前記電極は、前記第1の方向についての長さが、前記第2の方向についての幅の1.993倍以上2.525倍以下であり、

20

前記引出し導体は直線形状であり、

平面視で前記第2の方向についての前記水晶片の両端から前記電極の端までの距離は、それぞれ0.130mm以上0.195mm以下である、

水晶振動素子である。

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図1】本実施形態の水晶デバイスのある断面における形状を示す図である。

【図2A】本実施形態の水晶振動素子の構成を示す平面図である。

【図2B】水晶振動素子の断面図である。

【図2C】水晶振動素子の側面図である。

30

【図3A】励振電極の縦横比の一例を示す図である。

【図3B】励振電極の縦横比に応じた周波数偏差の温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図3C】励振電極の縦横比に応じたESRの温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図4A】励振電極の縦横比の一例を示す図である。

【図4B】励振電極の縦横比に応じた周波数偏差の温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図4C】励振電極の縦横比に応じたESRの温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

40

【図5A】励振電極の縦横比の一例を示す図である。

【図5B】励振電極の縦横比に応じた周波数偏差の温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図5C】励振電極の縦横比に応じたESRの温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図6A】励振電極の縦横比の一例を示す図である。

【図6B】励振電極の縦横比に応じた周波数偏差の温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図6C】励振電極の縦横比に応じたESRの温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

50

【図 7 A】励振電極の縦横比の一例を示す図である。

【図 7 B】励振電極の縦横比に応じた周波数偏差の温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【図 7 C】励振電極の縦横比に応じた E S R の温度特性を実験的に求めた結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0005】

以下、実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は、本実施形態の水晶デバイス 100 のある断面における形状を示す図である。

水晶デバイス 100 は、水晶振動素子 1 と、基体 2 と、蓋体 3 と、部品 4 などを用意する。

【0006】

基体 2 は、特に限られないが、例えば、セラミック材料、半導体材料若しくはガラス材又はこれらの組合せである。基体 2 は、上面側中央に凹部 2 a を有する。凹部 2 a の底面には、電極パッド 2 1 が位置し、電極パッド 2 1 は、上面が平面状であり、例えば、スクリーン印刷などにより形成され得る。また、電極パッド 2 1 の最上面には、金めっきなどがなされていてもよい。当該電極パッド 2 1 に対し、導電性接着剤 2 2 により水晶振動素子 1 が接着されている。導電性接着剤 2 2 は、例えば、銀フィラーを含有する樹脂系（エポキシ樹脂など）の接着剤などであってもよい。水晶振動素子 1 の振動（発振）部分は、凹部 2 a の内壁面に接触せずに浮いた状態で固定されている。

【0007】

基体 2 の凹部上面側、すなわち、凹部 2 a を囲う枠部分の上端は、金すず又は銀ろうなどの導電性の封止部材を介して蓋体 3 と接合される。これにより、凹部 2 a が封止されている。基体 2 と蓋体 3 との間には、導電性である枠状のメタライズ層が位置していてもよい。

【0008】

電極パッド 2 1 は、基体 2 を貫通する図示略の信号線路を経て外部に電氣的に接続可能（例えば、基体 2 の底面に位置する外部接続パッドから外部配線や基板に接続可能）となっている。基体 2 の底面側には、部品 4 が位置している。部品 4 は、I C チップなどの電子部品であってもよいし、検温素子（サーミスタなど）といったセンサなどであってもよい。また、部品 4 は、これらの複数個の組合せであってもよい。これらは、水晶振動素子 1 の発振周波数の調整に係る付帯情報を出力したり、あるいは、付帯情報に応じた調整を行ったりするものであり、すなわち水晶デバイス 100 は、例えば、温度補償水晶発振器（TCXO）などであってもよい。なお、部品 4 の位置は、底面の平面視中央付近ではなく、偏った位置であってもよい。

【0009】

図 2 A は、本実施形態の水晶振動素子 1 の構成を示す平面図である。図 2 B は図 2 A の断面線 A A で切断した断面図である。図 2 C は水晶振動素子 1 の側面図である。

【0010】

水晶振動素子 1 は、水晶片 C と、水晶片 C の両面上に位置する励振電極 E U、E L（電極）と、引出し線 E x（引出し導体）と、接続電極 E p とを有する。

【0011】

水晶片 C は、A T カットにより得られたものであり、発振周波数が 50 MHz 以上 100 MHz 以下の範囲、ここでは特に、公称周波数が 76.8 MHz となるように、74 MHz 以上 78 MHz 以下の範囲に応じて厚さが定められたものである。この図 2 A 及び図 2 C に示すように、一般的に、水晶の結晶軸（電気軸）に沿った方向（第 1 の方向）が X 軸とされる。また、水晶の光軸に沿った方向が Z 軸とされ、図 2 A に示すように、水晶片 C の面内で X 軸に交差する方向（第 2 の方向）を Z a 軸（しばしば Z' 軸と表記される）とする。X 軸及び Z a 軸に交差する方向（水晶片 C の厚み方向）が Y a 軸方向である。ここでは、X 軸方向が水晶片 C の長軸方向であり、Z a 軸方向が水晶片 C の短軸方向である。

【0012】

10

20

30

40

50

励振電極 E U、E L は、それぞれ水晶片 C の上面 (+ Y a 側) 及び下面 (- Y a 側) に對してそれぞれ平面視同一位置に接合している。水晶片 C は、励振電極 E U、E L 間に印加される電圧に応じて変形、振動する。水晶片 C の振動モードは、ここでは、厚み滑り振動であり、X 軸方向について、上面側と下面側とで逆位相で変位する。励振電極 E U、E L は、平面視矩形状であり、そのサイズは、水晶片 C のサイズよりも小さい。なお、ここでいう平面視矩形状は、完全な矩形形状に限定されない。例えば、励振電極 E U、E L の角が多少落ちていたり丸められていたりしてもよい。

【0013】

引出し線 E x は、励振電極 E U、E L と接続電極 E p との間を電氣的に接続する直線形状の配線である。引出し線 E x は、励振電極 E U、E L に対して各々 1 本ずつ、それぞれ水晶片 C の上面と下面とに位置している。

【0014】

接続電極 E p は、基体 2 の電極パッド 2 1 に接続されており、水晶振動素子 1 の動作時には、外部から所定の電位差が与えられる。これにより水晶振動素子 1 が共振して、当該水晶振動素子 1 が接続されている水晶発振回路から定められた周波数 (約 76.8 MHz) のクロック信号が得られる。

【0015】

上述のように、励振電極 E U、E L は、平面視で水晶片 C のサイズよりも小さい。本水晶振動素子 1 の発振周波数を含む 50 - 100 MHz の範囲では、従来、水晶片 C の平面視での振動範囲が励振電極 E U、E L の範囲とほぼ重なるように設計されている。しかしながら、水晶と電極の金属とでは、温度特性が大きく異なるため、基準となる温度からずれた温度で動作すると、電極の歪みが水晶の振動に影響を及ぼして、共振に係る温度特性、特に、ESR (等価直列抵抗。CI (Crystal Impedance) ともいう) を悪化 (上昇) させる。本実施形態の水晶振動素子 1 では、励振電極 E U、E L を小型化することで、相対的にこれらの水晶片 C に対する影響を低減させる。

【0016】

一方で、励振電極 E U、E L の範囲を X 軸方向について振動範囲よりも小さくすると、必要な共振波を得るために必要な電圧 (電力) が上昇し、電力消費効率が低下する。本実施形態の水晶振動素子 1 では、励振電極 E U、E L を X 軸方向についての長さを顕著に変化させずに (設計上の微小な変化 (例えば、数% など) は許容されてよい)、Z a 軸方向についてのみ振動範囲よりも小さくすることで、共振波の生成に与える影響と、励振電極 E U、E L と水晶片 C との温度特性の差が共振に与える影響とをいずれも抑制する。

【0017】

ここでは、励振電極 E U、E L の X 軸方向についての長さ (縦方向の長さ L e) と Z a 軸方向についての幅 (横幅 W e) との比 (縦横比 L e / W e) は、1.993 以上 2.525 以下であり、特に、2.33 とされている。上記のように水晶片 C における振動範囲に合わせた励振電極 E U、E L の上記縦横比 L e / W e は、1.25 程度であり、水晶振動素子 1 では、これに比して顕著に縦長となっている。なお、もともと励振電極 E U、E L の長さ L e は、水晶片 C の縦方向 (X 方向) の長さに比して大きな差はないので、水晶片 C よりも小さい励振電極 E U、E L の長さ L e を増大させて縦横比 L e / W e を大きくすることは、ここでは想定され得ない。また、励振電極 E U、E L を小型化するための縦横比 L e / W e の変更であるので、そもそも長さ L e を増大することは望まれない。

【0018】

なお、上記のように励振電極 E U、E L の形状のみを小さくするのであって、水晶片 C の振動範囲は小さくならない。したがって、水晶片 C の横幅 W c は従来程度のサイズに維持されて、励振電極 E U、E L の長辺と水晶片 C の長辺との間隔 d W 1、d W 2 (X 方向に伸びる水晶片 C の両端から励振電極 E U、E L までのそれぞれの距離) は、従来より大きくなる。励振電極 E U、E L は、Z a 軸方向について水晶片 C の中心位置 (中点) 付近に位置しているのが好ましく、したがって、間隔 d W 1、d W 2 は略同一の大きさ (すなわち、横幅 W c と横幅 W e との差の半分ずつ) であるが、共振に悪影響を与えない範囲で

10

20

30

40

50

多少 Z a 軸方向についての水晶片 C の中心位置からずれていてもよい。ここでは、例えば、間隔 $dW1$ 、 $dW2$ は、いずれも 0.130 mm 以上 0.195 mm 以下で等しい値である。

【0019】

このような構造に対し、引出し線 E_x は、水晶片 C の振動に対する影響が小さくなるように、励振電極 E_U 、 E_L の短辺（Z a 方向に伸びる外縁）側から引き出されて（一端が繋がって）、他端が接続電極 E_p につながっている。引出し線 E_x は、ここでは、直線形状である。引出し線 E_x が短い方が水晶片 C の振動に対する影響を小さくすることができる。また、ここでは、引出し線 E_x は、励振電極 E_U 、 E_L の短辺に対して所定角度傾いて伸びているが、図示された角度の傾きに限られるものではない。製造上他の導体部分との間での短絡などの問題を生じない範囲で、傾きの角度は小さくてもよく、また、上記短辺に対して垂直であってもよい。

10

【0020】

このような構造とすることで、本実施形態の水晶振動素子 1 の発振効率と温度特性の安定化が図られている。

【0021】

図 3 A～図 3 C、図 4 A～図 4 C、図 5 A～図 5 C、図 6 A～図 6 C 及び図 7 A～図 7 C は、励振電極 E_U 、 E_L の縦横比 L_e/W_e を異ならせた場合（図 3 A～図 7 A）における周波数偏差（ df/f ）の温度特性 [ppm]（図 3 B～図 7 B）と、ESR の温度特性 [Ω]（図 3 C～図 7 C）とをそれぞれ実験的に求めた結果を示す。ここでは、各比 L_e/W_e に対して 3 回ずつ求めて各々重ねて示している。

20

【0022】

図 4 A 及び図 5 A に示す $L_e/W_e = 2.150 \sim 1.993$ の場合、図 4 B 及び図 5 B に示すように、周波数偏差の温度特性が概ねきれいな 3 次関数で表され、かつ図 4 C 及び図 5 C に示すように、ESR がほぼ温度によらず約 25Ω 以下で維持される。したがって、実用上必要な温度範囲において、水晶振動素子 1 は、適切に共振が得られることが分かる。図 3 A に示すように縦横比 L_e/W_e が大きくなると、図 3 B 及び図 3 C に示すように、列抵抗値の振れが生じて 25Ω を超えるようになるが、縦横比 L_e/W_e が 2.525 以下の範囲では、一般的な製品上の基準値となる 30Ω より小さい値が維持されることが示されている。

30

【0023】

一方、図 6 A 及び図 7 A に示すように、縦横比 L_e/W_e が小さくなると、図 6 B、図 6 C、図 7 B 及び図 7 C に示すように、特に低温側で列抵抗値が上昇し、 30Ω に達するという結果が得られている。すなわち、従来よりも励振電極 E_U 、 E_L の縦横比が顕著に大きい範囲（ $1.993 \leq L_e/W_e \leq 2.525$ ）で、水晶振動素子 1 は、良好な温度特性が得られ、縦横比 L_e/W_e がこの範囲からずれると、特に ESR についての上昇などが生じることにより温度特性が悪化する。

【0024】

以上のように、本実施形態の水晶振動素子 1 は、発振周波数が 50 MHz 以上 100 MHz 以下の範囲にある水晶片 C と、当該水晶片 C の両面上にそれぞれ位置し、水晶片 C よりも小さい平面視矩形形状の励振電極 E_U 、 E_L と、を備える。励振電極 E_U 、 E_L は、平面視で水晶片 C の X 軸（電気軸）方向に沿った第 1 の方向についての長さ L_e が、第 1 の方向に垂直な第 2 の方向（Z a 軸方向）についての幅（横幅 W_e ）の 1.993 倍以上 2.525 倍以下である。

40

$50 \sim 100\text{ MHz}$ を発振周波数とする水晶振動素子では、通常では、 L_e/W_e が 1.25 程度であって、励振電極 E_U 、 E_L が水晶片 C の振動範囲とほぼ合致するように定められるのに対し、本実施形態の水晶振動素子 1 では、横幅 W_e を長さ L_e と比較して意図的に短くして L_e/W_e を大きく定めて励振電極 E_U 、 E_L のサイズを小型化することで、励振レベルの低下を抑えつつ、励振電極 E_U 、 E_L と水晶片 C との間での熱膨張係数の差異の影響を低減し、水晶振動素子 1 の発振に係る温度特性の悪化を抑制して、より安

50

定して発振させることができる。

【0025】

また、発振周波数は、特に、74MHz以上78MHz以下の範囲にあるとよい。すなわち、本開示の構成は、公称周波数76.8MHzなどの水晶振動素子1に対して好適に用いられる。

【0026】

また、水晶振動素子1は、平面視で第2の方向（Za軸方向）についての水晶片Cの両端から励振電極EU、ELの端までの距離は、それぞれ0.130mm以上0.195mm以下である。すなわち、励振電極EU、ELがZa軸方向についていずれも水晶片Cのほぼ中央に位置することで、励振電極EU、ELの範囲からZa軸方向についてはみ出し

10

【0027】

また、水晶振動素子1は、励振電極EU、ELの第2の方向（Za軸方向）に沿って伸びる外縁（短辺）に一端がつながっている引出し線Exを備える。このように、励振電極EU、ELの長辺側には水晶片Cの振動範囲がはみ出すのに対し、短辺側にはほとんど振動範囲がはみ出さないで、この短辺側から引出し線Exを引き出すことで、引出し線Exによる振動への悪影響を低減させることができる。

【0028】

また、引出し線Exは直線形状である。引出し線Exは短い方が水晶片Cの振動への影響も少なく、また、外部ノイズなどの混入も低減することができるので、直線形状であることが好ましい。

20

【0029】

また、本実施形態の水晶デバイス100は、上記の水晶振動素子1を備える。この水晶デバイス100によれば、従来よりもより安定して良好な温度特性で水晶振動素子1を発振させて適切な信号を得ることができる。

【0030】

なお、上記実施の形態は例示であって、様々な変更が可能である。

例えば、上記実施の形態では、部品4を備える水晶デバイス100として説明したが、必ずしも部品4を有する必要はない。単純に基体及び蓋体に内包されて発振し、信号を出力するだけの水晶パッケージであってもよい。また、水晶振動素子1は、水晶デバイス100として基体2に接着されていなくてもよい。水晶振動素子1が単体で販売等されてもよい。

30

【0031】

また、基体2及び蓋体3の形状（凹部2aの形状も含む）は、水晶振動素子1を適切に格納、封止し、信号線や電極パッド21が適切に位置可能に適宜変更されてもよい。また、水晶片Cの形状もその端部などで厚さが微調整されていてもよい。また、水晶片Cは、励振電極EU、ELが位置する振動部分と接続電極Epが位置する固定部分とで同一の厚さ（フラット形状）であるものとして説明したが、固定部分の厚さを振動部分の厚さよりも大きく定めて（ステップ形状）、より安定して水晶片Cを支持可能としてもよい。

40

【0032】

また、引出し線Exの形状は、上記実施形態で示した形状に限定されるものではない。折れ曲がり部分や曲線部分を有していてもよく、励振電極EU、ELの短辺側から引き出されていなくてもよい。

【0033】

また、上記実施の形態では、公称周波数が76.8MHzである場合を例に挙げて説明したが、発振周波数が50-100MHzの範囲であれば、上記励振電極EU、ELの形状に係る特徴が有効であるので、当該範囲内で他の周波数信号を発振する水晶振動素子1であってもよい。

その他、上記実施の形態で示した具体的な構成、構造や材質などは、本開示の趣旨を逸

50

脱しない範囲において適宜変更可能である。本発明の範囲は、特許請求の範囲に記載した範囲とその均等の範囲を含む。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 4 】

本開示は水晶振動素子及び水晶デバイスに利用することができる。

10

20

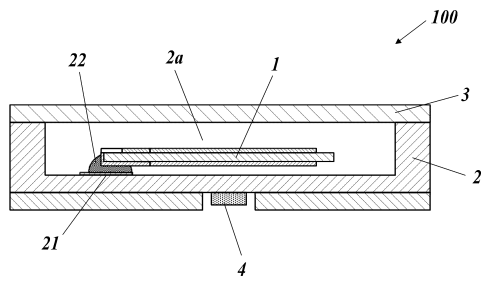
30

40

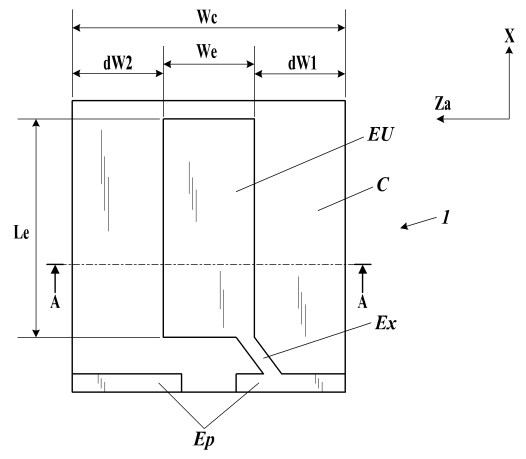
50

【図面】

【図 1】



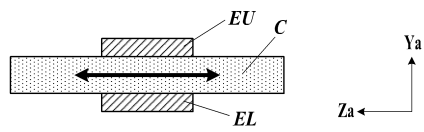
【図 2 A】



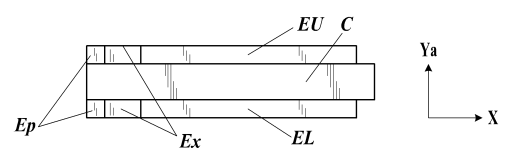
10

20

【図 2 B】



【図 2 C】

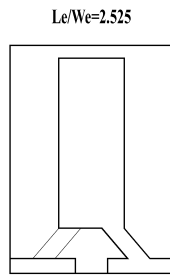


30

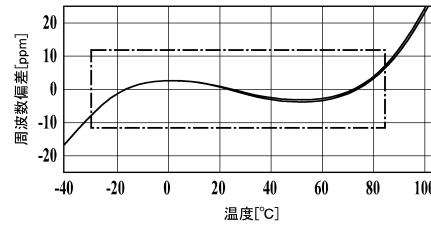
40

50

【図 3 A】

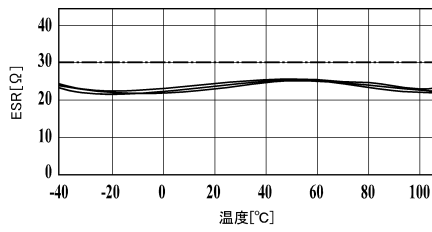


【図 3 B】

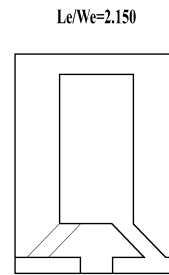


10

【図 3 C】

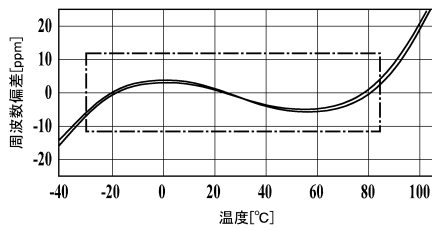


【図 4 A】

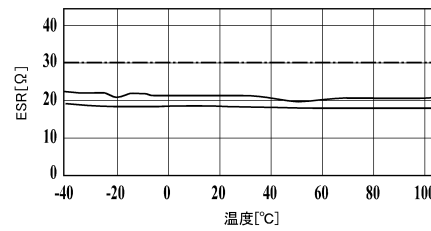


20

【図 4 B】



【図 4 C】

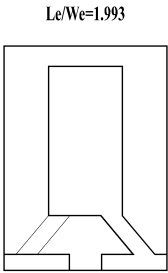


30

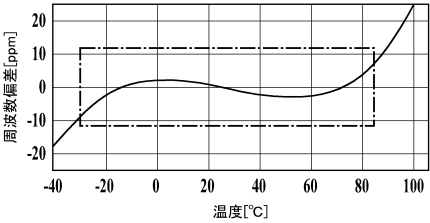
40

50

【図 5 A】

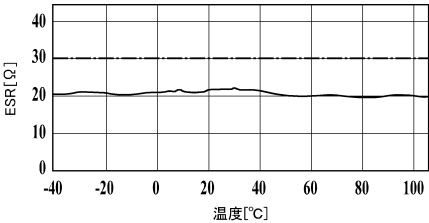


【図 5 B】

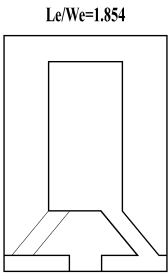


10

【図 5 C】

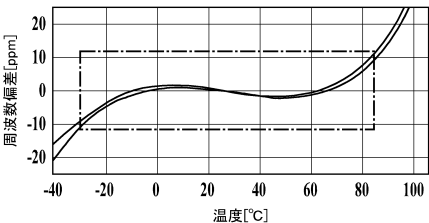


【図 6 A】

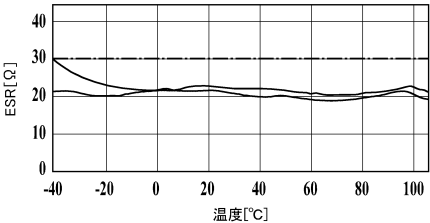


20

【図 6 B】



【図 6 C】

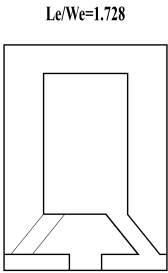


30

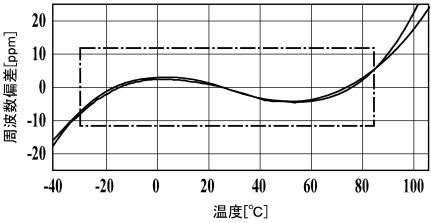
40

50

【図 7 A】

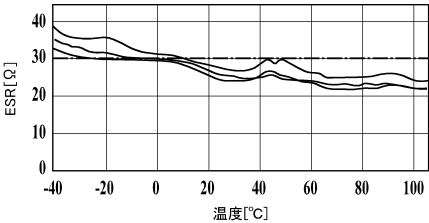


【図 7 B】



10

【図 7 C】



20

30

40

50

フロントページの続き

京セラ株式会社内

審査官 石田 昌敏

- (56)参考文献 特開 2014-192712 (JP, A)
特開 2017-152943 (JP, A)
特開 2014-116977 (JP, A)
特開 2018-129606 (JP, A)
特開 2020-025344 (JP, A)
特開 2017-079390 (JP, A)
特開 2002-100930 (JP, A)
特開 2001-053036 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H03H 9/00- 9/74