

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 3 区分
 【発行日】平成 28 年 11 月 10 日 (2016.11.10)

【公開番号】特開 2015-122624 (P2015-122624A)
 【公開日】平成 27 年 7 月 2 日 (2015.7.2)
 【年通号数】公開・登録公報 2015-042
 【出願番号】特願 2013-265268 (P2013-265268)
 【国際特許分類】

H 0 3 H 9/19 (2006.01)

【F I】

H 0 3 H 9/19 B

【手続補正書】

【提出日】平成 28 年 9 月 23 日 (2016.9.23)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 3】

前記 X 軸方向での前記水晶板の最大寸法と前記 Z 軸方向での前記水晶板の最大寸法とのうちの大きい方を a、小さい方を b として、 b/a が 0.84 以上 0.98 以下である、請求項 1 または 2 に記載の水晶振動子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 6】

前記水晶板は、六角形以上の多角形の形状を有する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の水晶振動子。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

【図 1】G T カットの水晶板の振動モードを説明する平面図である。

【図 2】支持部が設けられている従来の長形状の G T カット水晶振動子を説明する平面図である。

【図 3】(a) ~ (d) は、本発明の実施の一形態の水晶振動子における水晶板の平面形状の例を示す上面図である。

【図 4】振動子の振動変位における Z 軸方向の変位量の分布を示す図である。

【図 5】振動子の振動変位における X 軸方向の変位量の分布を示す図である。

【図 6】本発明の実施の一形態の水晶振動子の具体的構成の一例を示す平面図である。

【図 7】図 6 の C - C' 線での断面図である。

【図 8】(a), (b) は水晶板を面内で回転させて X 軸方向の寸法と Z 軸方向の寸法を入れ替えることを説明する図である。

【図 9】基準長方形からの膨らみの度合いに応じた、辺比と周波数温度特性における一次

の温度係数との関係を示すグラフである。

【図 10】種々の回転角 に対する、辺比と周波数温度特性における一次の温度係数との関係を示すグラフである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

図 3 (a) ~ (d) は、いずれも、本発明に基づく水晶振動子において振動板として用いられる水晶板 31 の平面形状の例を示している。これらの水晶板 31 は、いずれも、Y 板（水晶の結晶学的な Y 軸に垂直な面）を水晶の X 軸の周りに角度 だけ回転させ、さらに、面内で 45° 回転させた水晶板である。ここで回転角 は $+37^\circ$ から $+51.5^\circ$ の範囲にある。ここで水晶の X 軸、Y 軸、Z 軸を X 軸の周りに角度 だけ回転して得られる座標軸を X' 軸、Y' 軸、Z' 軸とし（したがって、X' 軸は X 軸に一致する）、さらに X' 軸及び Z' 軸を Y' 軸の周りに Z' 軸から X' 軸に向かう方向に 45° 回転させて得られる軸をそれぞれ X'' 軸及び Z'' 軸とすると、水晶板 31 は、X'' 軸及び Z'' 軸に平行な面を有する水晶板 31 ということになる。水晶板 31 は、X'' 軸方向及び Z'' 軸方向をそれぞれ振動方向とする直交する 2 つの縦振動モードを有し、かつこれらの縦振動モードが結合して、X'' 軸方向と Z'' 軸方向とに交互に伸縮する幅・長さ縦結合振動モードを有することになる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0019】

ここで、仮想的に X'' 軸及び Z'' 軸にそれぞれ平行な辺を有する長方形を基準長方形 30 として考えると、本実施形態に基づく水晶板 31 は、基準長方形 30 の 4 つの辺の各々を基準長方形 30 の外方に膨らませた形状を有する。したがって、基準長方形 30 は、その各頂点が水晶板 31 の外周上にあるようにして、水晶板 31 の外周に対して内接することになる。ここで基準長方形 30 の X'' 軸方向での長さを L_x とし、Z'' 軸方向での長さを L_z とする。また、水晶板 31 の X'' 軸方向での最大長さを a とし、Z'' 軸方向での最大長さを b とする。本実施形態では、 $L_x = L_z$ であってもよいが、ラーメ振動モードなどの意図しない振動モードによる振動を抑制するために、 $a > b$ である必要がある。もっとも、X'' 軸方向と Z'' 軸方向の 2 つの縦振動モードを結合させて幅・長さ縦結合振動モードとするために、 a と b とは比較的近い値である必要がある。以下では説明のため、 $L_x > L_z$ 、 $a > b$ としているが、X'' 軸方向の弾性係数 C'_{11} と Z'' 軸方向の弾性係数 C'_{33} とが等しいので、X'' 軸方向の寸法と Z'' 軸方向の寸法とを入れ替えても全く同じ振動特性が得られる。水晶板 31 における X'' 軸方向の長さ a と Z'' 軸方向の長さ b との比を辺比と呼ぶが、 $a > b$ である場合には、 $0.84 \leq b/a \leq 0.96$ とすることが好ましい。X'' 軸方向の寸法と Z'' 軸方向の寸法とを入れ替えても全く同じ振動特性が得られることから、 $b > a$ の場合には、 $0.84 \leq a/b \leq 0.96$ とすることが好ましい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0034】

本実施形態では、水晶板 31 は、基準長方形 30 の各辺を外方に膨らませた形状を有し

ている。そこで、膨らみの度合いをどの程度にすれば良好な周波数温度特性が得られるかを検討した。ここで、基準長方形 30 の辺からの膨らみが全体の長さに対してどれだけの比率を占めるかによって、膨らみの度合いを表した。図 3 (a) に示した水晶板 31 を考えると、基準長方形 30 の対向する辺がそれぞれ膨らんでいるから、X 軸方向及び Z 軸方向のそれぞれに対する膨らみの度合い x , z は、

$$x = (a - L_x) / 2 a ,$$

$$z = (b - L_z) / 2 b$$

で表される。種々の x , z の組み合わせに対し、辺比 (b / a) を変化させたときの周波数温度特性における 25 での一次の温度係数の変化をシミュレーションによって求めた。結果を図 9 に示す。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

また、水晶板 31 を水晶結晶から切り出すときの切断方位 (回転角) を変えたときに周波数温度特性がどのように変化するかを検討した。 $x = 4 . 4 \%$ 、 $z = 2 . 6 \%$ とし、種々の回転角 に対し、辺比 (b / a) を変化させたときの周波数温度特性における 25 での一次の温度係数の変化をシミュレーションによって求めた。結果を図 10 に示す。図 9 及び図 10 において、円で囲んだ部分は、一次の温度係数がほぼ 0 となっていることを示している。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3】

