【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31年1月17日(2019.1.17)

【公開番号】特開2016-213807(P2016-213807A)
【公開日】平成28年12月15日(2016.12.15)
【年通号数】公開・登録公報2016-068
【出願番号】特願2015-233769(P2015-233769)
【国際特許分類】
Ｈ０３Ｈ　9/19　(2006.01)
Ｈ０３Ｈ　9/215　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０３Ｈ　9/19　Ｊ
Ｈ０３Ｈ　9/215

【手続補正書】
【提出日】平成30年11月30日(2018.11.30)
【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】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
基部および前記基部と連結している一対の振動腕を含む振動片と、
前記振動片が取り付けられているベースと、
を含み、
ｎを２以上の自然数のうちの１つ、
ｊを１以上であって前記ｎ以下の自然数としたとき、
前記振動片は、互いに異なる共振周波数を有する前記ｎ個の固有振動モードを有し、
前記ｎ個の固有振動モードのそれぞれに対応する共振周波数ω_jと任意の整数k_jとの関係において、
前記ｎ個の固有振動モードのうち前記振動片の主振動の共振周波数をω_1としたとき、

$$\Delta\omega \equiv \left(\frac{\sum_{j=2}^{n} k_j \omega_j}{-k_1} - \omega_1 \right) / \omega_1$$

および、

$$|\Delta\omega| \geq 0.1$$

の関係を満たし、
前記任意の整数k_jは、

$$3 \leq \sum_{j=1}^{n} |k_j| \leq 10$$

および、

$$n \leq \sum_{j=1}^{n} |k_j|$$

の関係を満たすことを特徴とする振動子。
【請求項２】
請求項１において、

$$3 \leq \sum_{j=1}^{n} |k_j| \leq 6$$

の関係を満たすことを特徴とする振動子。
【請求項３】
請求項２において、

$$3 \leq \sum_{j=1}^{n} |k_j| \leq 4$$

の関係を満たすことを特徴とする振動子。
【請求項４】
請求項１ないし３のいずれか１項において、
前記固有振動モードは、
前記一対の振動腕が前記一対の振動腕が並ぶ第１方向に沿って互いに逆相で屈曲振動する第１方向逆相モード、
前記一対の振動腕が前記第１方向に沿って互いに同相で屈曲振動する第１方向同相モード、
前記一対の振動腕が前記基部と前記振動腕とが並ぶ第２方向および前記第１方向と直交する第３方向に沿って互いに逆相で屈曲振動する第３方向逆相モード、
前記一対の振動腕が前記第３方向に沿って互いに同相で屈曲振動する第３方向同相モード、
前記一対の振動腕がそれぞれの振動腕の前記第１方向および前記第３方向に沿った断面の中心を通り、前記第１方向に沿った仮想中心線を回転軸として互いに逆相で捩じれる捩り逆相モード、
前記一対の振動腕が前記仮想中心線を回転軸として互いに同相で捩じれる捩り同相モード、
前記第２方向逆相モードの高次モード、前記第２方向同相モードの高次モード、前記第３方向逆相モードの高次モード、前記第３方向同相モードの高次モード、前記捩り逆相モードの高次モードおよび前記捩り同相モードの高次モード、
のうちの少なくとも２つを含んでいることを特徴とする振動子。
【請求項５】
請求項４において、
前記主振動が前記第１方向逆相モードであることを特徴とする振動子。
【請求項６】
請求項５において、
前記高次モードは、前記第１方向逆相モード、前記第１方向同相モード、前記第３方向逆相モード、前記第３方向同相モードの２次モードのうち少なくとも１つを含むことを特徴とする振動子。
【請求項７】

請求項１ないし６のいずれか１項において、
前記振動腕は、平面視で、
錘部と、
前記錘部と前記基部の間に配置されている腕部と、
を含み、
前記振動腕の延在方向に沿う長さをＬとしたとき、
Ｌ≦０．９［ｍｍ］
の関係を満足し、
前記腕部の厚さをＴとしたとき、
５０［μｍ］≦Ｔ≦１５０［μｍ］
の関係を満足し、
前記腕部の前記一対の振動腕が並ぶ方向に沿う幅をＷとしたとき、
Ｗ≦６０［μｍ］
の関係を満足し、
前記錘部の前記基部と前記振動腕とが並ぶ方向に沿う長さをＬ’としたとき、
Ｌ’／Ｌ≦０．５
の関係を満足し、
前記錘部の前記一対の振動腕が並ぶ方向に沿う幅をＷ”としたとき、
Ｌ’＜Ｗ”
の関係を満足していることを特徴とする振動子。
【請求項８】
請求項１ないし６のいずれか１項において、
前記振動腕は、平面視で、
錘部と、
前記錘部と前記基部の間に配置されている腕部と、
を含み、
前記腕部は、前記一対の振動腕が並ぶ方向および前記基部と前記振動腕とが並ぶ方向を含む平面に沿った互いに表裏の関係にある第１の主面および第２の主面の少なくとも一つの主面側に溝部が設けられ、
前記腕部の厚さをＴとし、
前記溝部の深さをＴ’としたとき、
０．８Ｔ≦Ｔ’≦０．９８Ｔ
の関係を満足していることを特徴とする振動子。
【請求項９】
請求項７において、
前記腕部は、前記一対の振動腕が並ぶ方向および前記基部と前記振動腕とが並ぶ方向を含む平面に沿った互いに表裏の関係にある第１の主面および第２の主面の少なくとも一つの主面側に溝部が設けられ、
前記溝部の深さをＴ’としたとき、
０．８Ｔ≦Ｔ’≦０．９８Ｔ
の関係を満足していることを特徴とする振動子。
【請求項１０】
請求項８または９において、
平面視で、前記腕部の前記一つの主面の前記第２方向に沿った外縁と前記溝部との間の部分の前記一対の振動腕が並ぶ方向に沿った幅をＷ’としたとき、
Ｗ’≦６［μｍ］
の関係を満足していることを特徴とする振動子。
【請求項１１】
請求項１において、
前記主振動の振動周波数をｆ［Ｈｚ］としたとき、1×10^{3}［Ｈｚ］≦ｆ＜１×１０

^{6}［Ｈｚ］の関係を満たし、
かつ、
前記振動子のＱが、

$$Q \geq \frac{\rho C_p}{c\alpha^2\Theta} \times \frac{1+\left(\frac{f}{f0_{max}}\right)^2}{\frac{f}{f0_{max}}}$$

の関係を満たすことを特徴とする振動子。
ただし、

$$f0_{max} = \frac{\pi k}{2\rho C_p {W_{emin}}^2}$$

$$W_{emin} = C(AL + B)$$

Ａ＝７．３６９０×１０$^{-2}$
Ｂ＝１．２５４４×１０$^{-5}$
Ｃ＝１．１～１．３
Ｌ［ｍ］は、前記振動腕の延在方向に関する長さ
ρ［ｋｇ／ｍ^{3}］は、前記振動腕の質量密度
Ｃｐ［Ｊ／（ｋｇ・Ｋ）］は、前記振動腕の熱容量
ｃ［Ｎ／ｍ^{2}］は、前記振動腕の延在方向に関する弾性定数
α［１／Ｋ］は、前記振動腕の延びる方向に関する熱膨張係数
Θ［Ｋ］は、環境温度
ｋ［Ｗ／（ｍ・ｋ）］は、前記振動腕の幅方向に関する熱伝導率
πは、円周率である。
【請求項１２】
請求項１１において、

$$3 \leq \sum_{j=1}^{n} |k_j| \leq 6$$

の関係を満たすことを特徴とする振動子。
【請求項１３】
請求項１２において、

$$3 \leq \sum_{j=1}^{n} |k_j| \leq 4$$

の関係を満たすことを特徴とする振動子。
【請求項１４】
請求項１１ないし１３のいずれか１項において、
前記固有振動モードは、
前記一対の振動腕が前記一対の振動腕が並ぶ第１方向に沿って互いに逆相で屈曲振動す

る第１方向逆相モード、
前記一対の振動腕が前記第１方向に沿って互いに同相で屈曲振動する第１方向同相モード、
前記一対の振動腕が前記基部と前記振動腕とが並ぶ第２方向および前記第１方向と直交する第３方向に沿って互いに逆相で屈曲振動する第３方向逆相モード、
前記一対の振動腕が前記第３方向に沿って互いに同相で屈曲振動する第３方向同相モード、
前記一対の振動腕がそれぞれの振動腕の前記第１方向および前記第３方向に沿った断面の中心を通り、前記第１方向に沿った仮想中心線を回転軸として互いに逆相で捩じれる捩り逆相モード、
前記一対の振動腕が前記仮想中心線を回転軸として互いに同相で捩じれる捩り同相モード、
前記第２方向逆相モードの高次モード、前記第２方向同相モードの高次モード、前記第３方向逆相モードの高次モード、前記第３方向同相モードの高次モード、前記捩り逆相モードの高次モードおよび前記捩り同相モードの高次モード、
のうちの少なくとも２つを含んでいることを特徴とする振動子。
【請求項１５】
請求項１４において、
前記主振動が前記第１方向逆相モードであることを特徴とする振動子。
【請求項１６】
請求項１５において、
前記高次モードは、前記第１方向逆相モード、前記第１方向同相モード、前記第３方向逆相モード、前記第３方向同相モードの２次モードのうち少なくとも１つを含むことを特徴とする振動子。
【請求項１７】
請求項１１ないし１６のいずれか１項において、
前記Ｌは、１８００×１０$^{-6}$［ｍ］以下であることを特徴とする振動子。
【請求項１８】
請求項１１ないし１６のいずれか１項において、
前記Ｌは、１４００×１０$^{-6}$［ｍ］以下であることを特徴とする振動子。
【請求項１９】
請求項１１ないし１６のいずれか１項において、
前記Ｌは、１０００×１０$^{-6}$［ｍ］以下であることを特徴とする振動子。
【請求項２０】
請求項１１ないし１６のいずれか１項において、
前記Ｌは、８００×１０$^{-6}$［ｍ］以下であることを特徴とする振動子。
【請求項２１】
請求項１１ないし２０のいずれか１項において、
前記ｆは、３２．７６８±１ｋＨｚの２倍、４倍、８倍および１６倍のいずれかであることを特徴とする振動子。
【請求項２２】
請求項１ないし２１のいずれか１項において、
前記ｎは、２、３、４のいずれかであることを特徴とする振動子。
【請求項２３】
請求項１ないし２２のいずれか１項に記載の振動子と、
発振回路と、
を含むことを特徴とする発振器。
【請求項２４】
請求項１ないし２２のいずれか１項に記載の振動子を備えていることを特徴とするリアルタイムクロック。

【請求項２５】
請求項１ないし２２のいずれか１項に記載の振動子を備えていることを特徴とする電子機器。
【請求項２６】
請求項１ないし２２のいずれか１項に記載の振動子を備えていることを特徴とする移動体。