

【技術分類】 2 - 1 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 内部時間標準 / 水晶発振式

【 F I 】 G04G3/00@B

【技術名称】 2 - 1 - 1 - 1 水晶振動子

【技術内容】

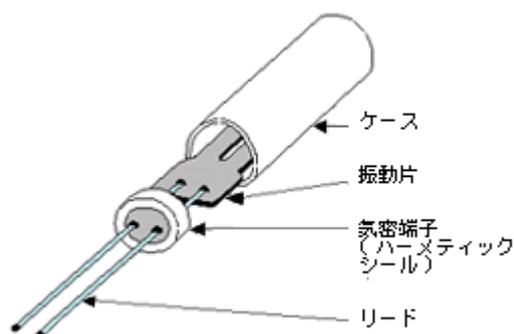
水晶振動子は、水晶発振回路を構成して電子時計の基準クロックを発生するための電子部品であって、32kHz 音叉型水晶振動子は、音叉形状の水晶振動片を用いることで、腕時計用に適した小型・低周波数を実現する技術である。

図 1 は、32kHz 水晶振動子の構造を説明する分解斜視図である。32kHz 水晶振動子は、音叉形状をした水晶振動片を、気密容器に密封した構造となっている。図 1 は、シリンダータイプであり、金属ケースと気密端子とが、気密容器を構成している。

32kHz 音叉型水晶振動子は、音叉腕部の屈曲振動を用いており、共振周波数を変えずに小型化ができる。シリンダータイプでは、 3×8 、 2×6 、 1.5×5 (mm) などが実用化されている。

また、音叉型水晶振動子の共振周波数は低周波数であり、時計用としては 32,768Hz が一般化している。共振周波数が低いことは、発振回路の消費電力を小さく抑えることとなり、腕時計の電池寿命や電池の小型・薄型化に寄与している。

【図】 図 1 32kHz 水晶振動子の構造図

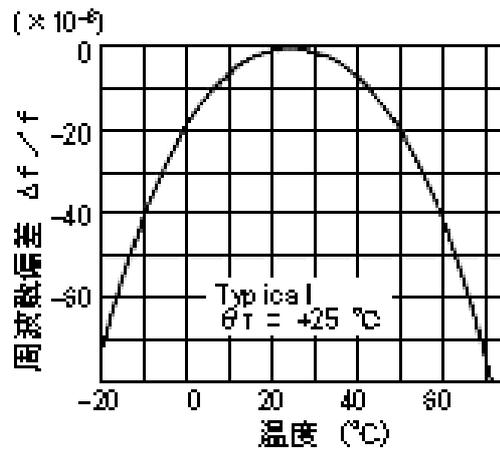


出典 1、「水晶キャップ シリンダ型水晶振動子の構造」

図 2 は、32kHz 水晶振動子の周波数温度特性である。+25 度が二次曲線の頂点温度となっており、常温付近では、温度変化に対して周波数の変化は少なく、特別な温度補正手段を有しない発振回路であっても、月差精度の腕時計が実現できる。

また、発振回路として、温度補償 IC を用いることにより、年差精度の腕時計が実現されている。

【図】図2 32kHz 水晶振動子の周波数温度特性



出典 1、「周波数温度特性 音叉型振動子の周波数温度特性例」

32kHz 水晶振動子は、時計に限らず、携帯電話などの小型情報機器にも広く使用されている。この場合には、表面実装タイプが使用される割合が多くなっている。

図3は、表面実装タイプ音叉型水晶振動子のサイズの推移である。当初は、シリンダータイプを樹脂モールドしたタイプが開発され、近年では、音叉腕部にH溝小型音叉型振動片を搭載した小型・薄型のセラミックパッケージタイプが、実現されている。

【図】図3 表面実装タイプ音叉型水晶振動子の推移

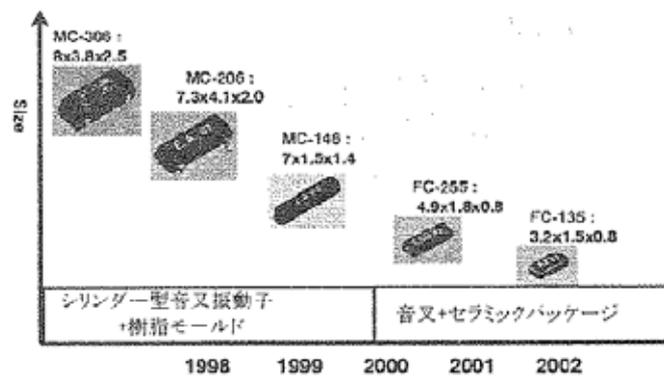


図1 当社 SMD 音叉型水晶振動子の推移

出典 2、「39 頁 図1 当社 SMD 音叉型水晶振動子の推移」

図4は、従来の音叉（下段）とH溝小型音叉型振動片（上段）の外観写真であり、従来の60%以下の大きさとなっている。

【図】図4 従来の音叉（下段）とH溝小型音叉型振動片（上段）の外観写真

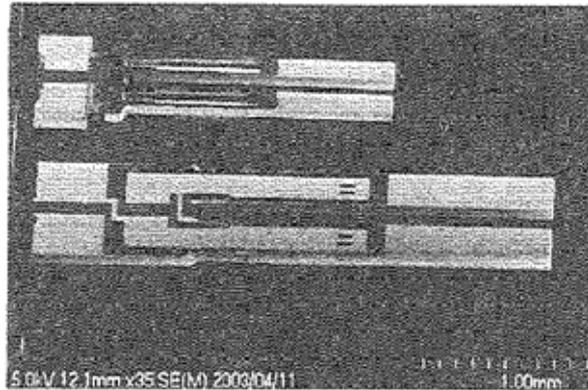


図16 従来の音叉とH溝小型音叉型振動片

出典2、「44頁 図16 従来の音叉とH溝小型音叉型振動片」

図5にH溝小型音叉型振動片の音叉腕部の断面と電界効率の模式図を示す。

【図】図5 音叉腕部の断面と電界効率の模式図

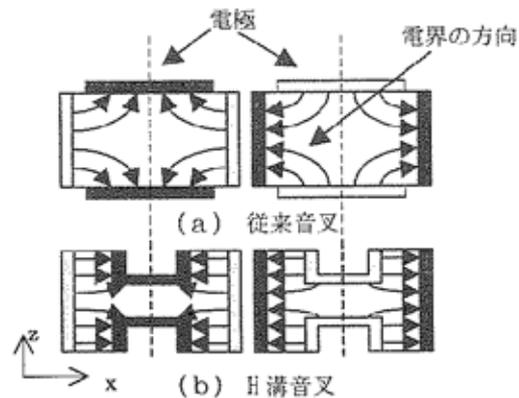


図14 音叉腕部断面の電界効率の模式図

出典2、「43頁 図14 音叉腕部断面の電界効率の模式図」

【出典 / 参考資料】

出典1:

- ・ 出典：Quartz Device 用語辞典
- ・ 著者名：セイコーエプソン
- ・ 関連箇所：製品情報、電子デバイス、水晶デバイス

- ・ 表題：用語辞典
- ・ 掲載者：セイコーエプソン、掲載場所：さ行
- ・ 検索：2005年2月2日
- ・ アドレス：http://www.epsondevice.com/qd/c_support/glossary/sa-code.html

出典2：「超小型 SMD 音叉型水晶振動子」, 「第 32 回 EM シンポジウム」, 「2003 年 5 月」, 「川内修、菊島正幸、北村文孝、森田喜夫(セイコーエプソン)著」, 「電気学会 電子回路技術委員会発行」, 39 - 44 頁

参考資料 1：「時計用水晶振動子の現状と展望」, 「日本時計学会誌 No.150」, 「1994 年 9 月」, 「川島宏文(セイコー電子部品)著」, 「日本時計学会発行」, 95 - 106 頁

参考資料 2：「3.17 時計」, 「水晶デバイスの解説と応用」, 「1996 年 10 月」, 「日本水晶デバイス工業会 技術委員会著」, 「日本水晶デバイス工業会発行」, 50 - 51 頁

参考資料 3：「全論理緩急方式の年差時計」, 「日本時計学会誌 No.127」, 「1988 年 12 月」, 「井上裕一、小田切博之、政木広幸(セイコー電子工業)著」, 「日本時計学会発行」, 3 - 15 頁

参考資料 4：「時計用 IC の現状と展望」, 「日本時計学会誌 No.150」, 「1994 年 9 月」, 「花岡忠史(シチズン時計)著」, 「日本時計学会発行」, 85 - 94 頁

【技術分類】 2 - 1 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 内部時間標準 / 水晶発振式

【 F I 】 G04G3/00@B

【技術名称】 2 - 1 - 1 - 2 高精度振動子

【技術内容】

水晶振動子は、水晶発振回路を構成して電子時計の基準クロックを発生するための電子部品であって、その中で高精度水晶振動子は、周波数温度特性の優れた水晶振動片を用いることで、時計の高精度化を実現する技術である。

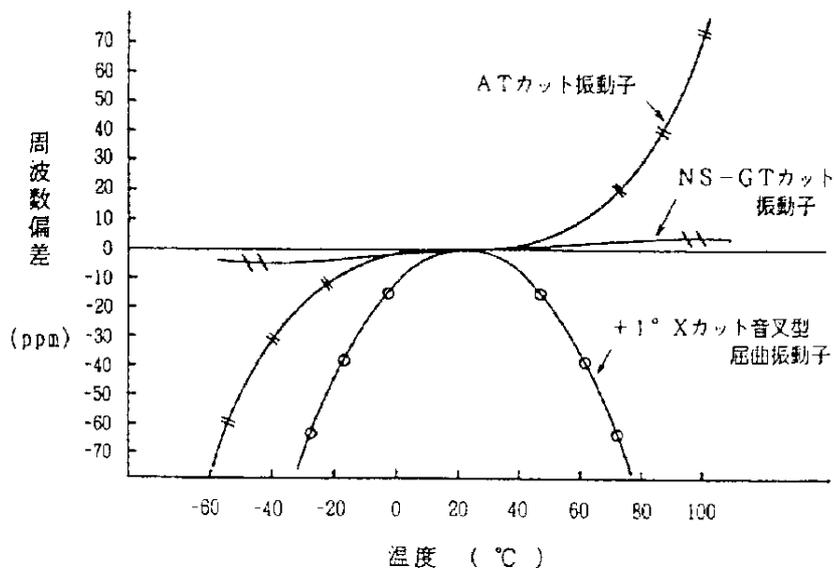
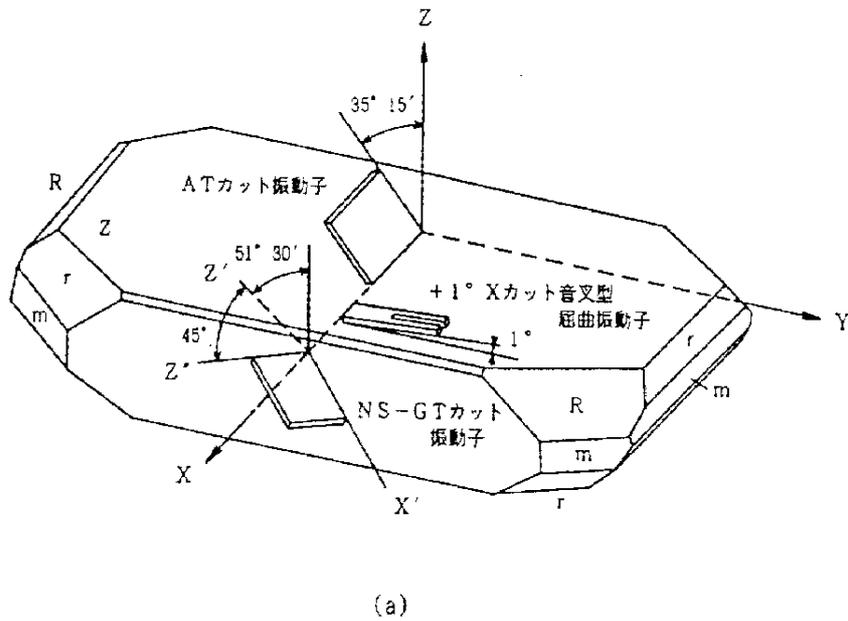
1) AT カット水晶振動子及び NS - GT カット水晶振動子

図 1 は、AT カット水晶振動子及び NS - GT カット水晶振動子の切断角度と周波数温度特性を示している。AT カット水晶振動子及び NS - GT カット水晶振動子は、常温付近の広い温度範囲で、平坦な周波数温度特性を持っている。

時計用として用いられる周波数は、AT カット水晶振動子で 4.194304MHz、NS - GT カット水晶振動子で 2.097152MHz が一般的である。また、ユニットサイズとしては、 3×8 (mm) が実用化されている。

AT カット水晶振動子及び NS - GT カット水晶振動子とも、消費電力、サイズの点から腕時計用としては不向きであるが、広い温度範囲で高精度であるため、車載用など温度環境の厳しい用途に用いられる。

【図】図1 水晶振動子のカット角度と周波数温度特性



出典 1、「96 頁 時計用水晶振動子の切断角度 (a) と周波数温度特性 (b)」

2) 音叉型高精度水晶振動子

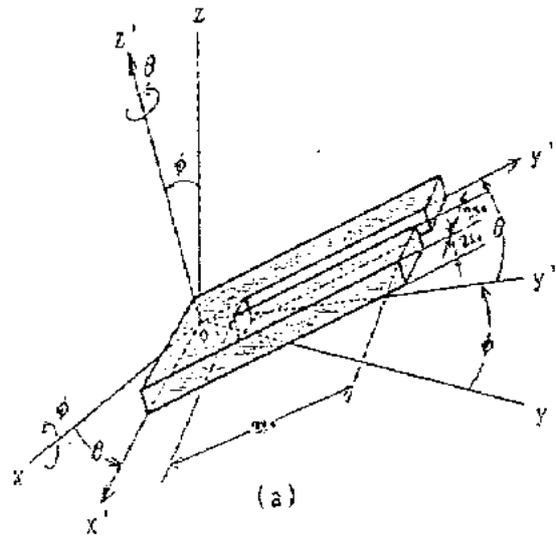
音叉型水晶振動子の低共振周波数の特徴を継承しながら、周波数温度特性を改善した振動子である。音叉型高精度水晶振動子は、屈曲振動と捩れ振動の結合を利用するタイプと、捩れ振動のみを利用する音叉型捩り水晶振動子がある。いずれも、共振周波数は 196kHz である。

屈曲振動と捩れ振動の結合を利用するタイプでは、周波数温度特性が、-10 ~ 50 の範囲において、周波数偏差 $\pm 1\text{ppm}$ が実現されている。(参考資料 1)

図2は、音叉型捩り水晶振動子の切断角度と形状を示す図である。振動子は、XY平面に対して角度回転した平面に、さらにZ軸の廻りに角度φ度回転して形成される。

音叉型捩り水晶振動子の2次温度係数は、32kHz音叉型水晶振動子の2次温度係数の半分以下である。この水晶振動子を用いて、精度が20秒/年の腕時計が実現されている。(参考資料2)

【図】図2 音叉型捩り水晶振動子の切断角度と形状



出典2、「25頁 Fig.2 Tuning fork type torsional quartz crystal resonator」

【出典 / 参考資料】

出典1:「時計用水晶振動子の現状と展望」,「日本時計学会誌 No.150」,「1994年9月」,「川島宏文(セイコー電子部品)著」,「日本時計学会発行」,95-106頁

出典2:「TTカット水晶振動子の振動解析」,「日本時計学会誌 No.149」,「1994年6月」,「川島宏文、中里光弘(セイコー電子部品)著」,「日本時計学会発行」,21-32頁

参考資料1:「小型高精度水晶振動子」,「日本時計学会誌 No.110」,「1984年9月」,「高橋邦博、松山信義(セイコー電子工業)著」,「日本時計学会発行」,1-23頁

参考資料2:「オートカレンダー年差時計の開発」,「マイクロメカトロニクス Vol.43 No.2」,「1999年6月」,「加藤一雄、小笠原健治、野坂尚克(セイコーインスツルメンツ)著」,「日本時計学会発行」,34-43頁

参考資料3:「3.17 時計」,「水晶デバイスの解説と応用」,「1996年10月」,「日本水晶デバイス工業会 技術委員会著」,「日本水晶デバイス工業会発行」,50-51頁