

明 細 書

圧電振動子

技術分野

本発明は、水晶振動子などの圧電振動体を密封保持する気密容器を有する圧電振動子および気密容器を構成する気密端子に関し、特にその構造および製造方法に関する。

背景技術

気密容器内の密封保持された圧電振動体と、一端がこの圧電振動体に接続され、他端が密封容器の外に露出するリード線とを有する圧電振動子が知られている。圧電振動体として、音叉型振動体、矩形AT板型振動体などが用いられている。また、気密容器は、一端が開放された略筒型のキャップと、このキャップの開放端の内径に嵌合する外周形状を有し、ここに圧入されるベースを有している。キャップは、コパールや洋白より形成されている。一方、ベースはガラス材の外周に金属環が設けられ、前記ガラス材にはコパールなどからなる複数のリード線が貫通している。圧電振動体は、リード線の先端にハンダ付けによって結合支持されており、前述のようにベースをキャップに圧入することによって、圧電振動体が気密状態で収納される。このように、ベースは、圧電振動体を密封し、また外部と接続する、気密端子である。

このような圧電振動子の一般的な製造方法は、次のようなものである。まず、キャップの入口内周部、ベースの外周部、リード線の各々に共晶系のハンダ材をメッキする。そして、リード線の気密容器の内側に配置される部分に、共晶系のハンダ材とフラックスを混合したペーストを供給し、その部分に圧電振動体の表面に形成された表面電極を当接する。さらに、加熱してハンダペーストを溶融させて圧電振動体をベースに固定し、圧電振動子を得る。ベースの外周部およびキ

キャップ入口内周部に柔らかい金属であるハンダ材をメッキしたことにより、ベース圧入時にこの部分の隙間をふさぐことができる。また、リード線表面がハンダメッキされていることにより、圧電振動体の表面に形成された電極および外部回路とのハンダ付け性を良好なものとしている。なお、共晶ハンダとは、スズを62重量パーセント含有し、残りが鉛のハンダを示すが、以降の説明においては、この共晶ハンダを含め、鉛が60重量パーセント以下のハンダを低温ハンダと記す。低温ハンダの残りの成分は、全てまたは大部分がスズであり、2-3%程度の銀などの添加剤を含んでもよい。この低温ハンダ材の融点は、スズの融点である232℃以下となる。

このような構造の圧電振動子は、用途によっては更に耐熱性を求められる。たとえば回路基板に対するSMD（表面実装型デバイス）用素子として用いる場合、封止後に実装のためハンダのリフローを行うので240℃・5秒間程度（あるいは260℃・10秒間またはそれ以上）で封止部の気密不良を起こさないことと圧電振動体のマウント部が溶けないことが要求される。これらの部分に低温ハンダ材を用いた場合でもリフロー条件が比較的低温あるいは短時間であれば、封止部はキャップの機械的な締め付け効果で気密を維持されるので比較的安全である。しかし、マウント部はその熱容量のためにハンダ材が溶けるに至らない場合もあるが、安全とは言い難い。いずれにせよユーザーの条件設定によつては十分な耐熱性が得られない危険がある。

圧電振動子の耐熱性を向上させる目的で、鉛含有率の高いハンダ材を圧電振動子に用いた従来例がある。たとえば、特開昭64-68007号公報に開示されている技術は、圧電振動体のマウント部とベースおよびギャップの封止部に共に高温ハンダを用いている。高温ハンダとは該文献によれば、融点が260から327℃で、Sn対Pb比がほぼ1:9である。また、特開昭64-62909号公報に開示されている技術は、ベースを構成する金属リングの外周部のみに鉛合金からなる鉛系メッキ層を形成し、更に加熱時の鉛蒸気の発生を抑えるため、必要に応じて銀メッキ層をその上に形成したものである。

次に耐衝撃性に関する問題点がある。近年、水晶振動子は携帯電話機等の手持ちで使用される携帯機器に多用されるようになった。そのため耐衝突性に対する

市場の要求はますます苛酷になっており、たとえば単体で100ないし150 cmからの木板上への数回の自由落下に耐えねばならない。

耐衝撃性に関しても従来いくつかの改良案が出されている。特開昭61-247775号公報に開示の技術は水晶振動子片をショア硬さがDスケールで90以下の感光性接着剤にてベース面に支持固着する。特開平4-78211号公報においては短いインナーリードにヤング率 $5.0 \times 10 \text{ GPa}$ 以下の材質よりなる付加リードを取付けその先端に水晶振動子片を接着する。また、付加リードは実施例においては $1.95 \times 10 \text{ GPa}$ となるハンダを短い板状に形成したものである。特公平7-14132号公報においては水晶片電極と外部への引出導体とを、エポキシ樹脂、ポリブタジエン樹脂、石油系樹脂および導電性粉末を含み、可撓性を有する導電性接着剤で接着固定するものである。

また、耐熱性の要求が厳しくない場合には、圧電振動体の支持に低温ハンダ材のペーストを用いる例も多かった。その場合には、圧電振動体を固定する際の急激な加熱によってハンダボールまたはハンダ飛びと呼ばれる極めて小さなハンダ粒子が飛散し、容器内に残ったり圧電振動体に付着する。これが、CI（クリスタル インピーダンス）値不良や低ドライブレベルでの発振不良等の歩留り低下を起こすという問題があった。

前述の従来例の具体的な問題点を考察する。特開昭64-68007号公報および特開昭64-62909号公報に記載の技術によればベースへの高温ハンダ材のメッキを普通に行うと、ベースの外周金属環部とリード線の気密容器の内側部分（以下、インナリードと記す）、外側部分（以下、アウトリードと記す）は全面に高温ハンダ材がメッキされてしまう。鉛の含有率の高い合金は表面に強固な酸化膜を生じやすく、圧電振動子を外部回路基板に実装する場合のハンダ付が困難となる。これは、低温ハンダを使っている他の部品を傷めない程度の低い温度で行わねばならないためである。そこで、アウトリードからわざわざ高温ハンダメッキを剥がして低温ハンダ槽に浸漬しなければならず、製造工程が増えて高価になっていた。また、この浸漬によるハンダ層は厚さが不均一なためアウトリードの曲げ加工がし難かったり、ハンダ量のバラツキのために実装性が悪かった。アウトリードの曲げ加工は、圧電振動子の表面実装時に行われる。表面実装時、

キャップの側面とアウタリードの末端とが回路基板面に密着せねばならない。そのためにはアウタリードを段曲げしてリード線の高さ位置をキャップの側面と揃えねばならない（図1参照）。

また、特開昭64-62909号公報によれば、鉛の含有率の高い合金は加熱時に鉛蒸気を生じるので実装時のリフローにより鉛が圧電振動体に付着し、周波数をシフトさせる。したがって、ベース外周やキャップ内面に高温ハンダ材が圧入に必要な部分以外に付着しないようにするため、工数のかかる部分メッキ手法を採らざるを得なかったとしている。しかし、この点については、われわれは見解を異にしており、鉛が特に蒸気を発生しやすいということはない。なぜなら、たとえば150℃における鉛の飽和蒸気圧は極めて小さい。260℃では、蒸気圧は多少大きくなるが加熱は短時間で終わるのでほとんど問題がないからである。封止後に容器内の低温ハンダ材を（特に表面積の大きい部分で）溶融させない限り問題は少ない。

また、特開昭64-62909号公報において表層にメッキされる銀はハンダ付け性を良好にするが、高価な材料であるためその厚さはわずか（0.1～0.2μm程度のフラッシュメッキ）である。よって、リード線を曲げた部分で銀膜が破れて下の高温ハンダが露出し、ハンダ付け性が悪くなる。また、一度実装すると銀が基板ハンダ中に失われてしまい、再度実装することができなくなる。すなわち、不使用の回路基板から回収した部品の再利用ができないことになる。

また、耐衝撃性の改善に関する前述の特開昭61-247775号公報や特公平7-14132号公報に記載の技術で用いられる接着剤については、その管理と硬化工程や信頼性に未解決点がまだ存在する。たとえば、ハンダマウントであれば溶融ハンダ材の広がりや圧電振動体表面の電極パターンの形状に正確に倣うが、未硬化で液状の接着剤の広がりや規制されないので接着位置のバラツキがあり、それがC I 値や接着強度のバラツキの要因となる。前述の特開平4-78211号公報に記載の技術では、小寸法の付加リードを介在させた圧電振動体のマウントはリード線の長さを増し圧電振動子の全長を増す上、異種リードの接合は極めて作業性が悪く、量産に不向きである。

発明の開示

本発明は、前述のような問題点、すなわち相反する性能を高いレベルで調和し、実装性や量産性を考慮しつつ耐熱性、耐衝撃性が向上された圧電振動子を提供することを目的とする。

前述の目的を達成するために、本発明の一つの態様である圧電振動子は、圧電振動体と、一端のみ開放した略筒形状を有し、前記圧電振動子を内部に納めるキャップと、前記キャップの開放端を封止し、前記キャップと共に気密容器を形成する気密端子であって、当該気密端子は、前記キャップの開放端の内径とほぼ同一の断面形状を有するプラグと、前記プラグを貫通する複数のリード線を有する、気密端子と、鉛の含有率が85以上、98重量パーセント以下のハンダ材にて形成され、前記圧電振動子を、前記リード線の気密容器内部に突出した部分であるインナリードに接合固定する支持部材と、を有している。

この構成によれば、鉛の含有率が高い、すなわち柔らかいハンダ材からなる支持部材により圧電振動体を支持することとなる。支持部材が柔らかいので、圧電振動体が外力を受けると、この支持部材がたわみ、応力を分散することができる。よって、圧電振動体に応力が集中することを抑制し、耐衝撃性が向上する。また、前記の鉛含有率を有するハンダは、高温ハンダに属するので、融点が高く、高温環境下においても、確実に圧電振動体を支持することができる。

さらに、前記リード線の表面、特にプラグから露出した部分の表面には、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材（低温ハンダ）またはスズもしくはスズ合金からなる第1の層が形成されている。低温ハンダなどは、濡れ性が良いため、圧電振動体を固定する際や表面実装時に供給されるハンダ材が、リード表面に良くなじみ、確実にハンダ付けを行うことができる。また、ハンダ材は本来安価な材料であるから十分な厚み、たとえば5-10 μ mで、低温ハンダなどの第1の層を形成することができる。よって、リード線を曲げたりしても、この第1の層が破壊されることがなく、この面からも確実なハンダ付けが保証される。

さらに、前記プラグの表面には、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材（低温ハンダ）またはスズもしくはスズ合金からなる第2の層が形成されて

いる。この第2の層は、第1の層と同時に形成することが好ましい。

さらに、前記プラグの第1の層の下に鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第3の層を形成することもできる。この第3の層によって、高温環境下においても、圧電振動子の気密が破壊されることがない。たとえば、圧電振動子を実装する場合において、ハンダのリフローによる加熱にも、十分に耐えることができる。また、キャップの開口部にプラグを圧入する際においても、柔らかい高温ハンダが変形することによって、隙間を埋めるように働き、確実に封止される。特に、前記第1の層は、キャップにプラグを圧入する際に、その一部が削られるために、この低温ハンダの第1の層があったとしても、耐熱性の低下はほとんど起こらない。

さらに、前記リードの第2の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第4の層を形成することも好ましい。この第4の層は、前記の第3の層と同時に形成することができる。

また、本発明の他の実施形態である圧電振動子は、圧電振動体と、一端のみ開放した略筒形状を有し、前記圧電振動体を内部に納めるキャップと、前記キャップの開放端を封止し、前記キャップと共に気密容器を形成する気密端子であって、当該気密端子は、前記キャップの開放端の内径とほぼ同一の断面形状を有し、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる層を前記キャップの開放端内径と接触する部分に有するプラグと、前記プラグを貫通し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる層をプラグより露出する部分の表面に有する複数のリード線を有する、気密端子と、鉛の含有率が85以上、98重量パーセント以下のハンダ材にて形成され、前記圧電振動体を、前記リード線の気密容器内部に突出した部分であるインナリードに接合固定する支持部材と、を有している。

この構成によれば、鉛の含有率が高い、すなわち柔らかいハンダ材からなる支持部材により圧電振動体を支持することとなる。支持部材が柔らかいので、圧電振動体が外力を受けると、この支持部材がたわみ、応力を分散することができる。よって、圧電振動体に応力が集中することを抑制し、耐衝撃性が向上する。また、前記の鉛含有率を有するハンダは、高温ハンダに属するので、融点が高く、高温

環境下においても、確実に圧電振動体を支持することができる。

さらに、前記プラグの、前記キャップの開放端内径と接触する部分に形成された、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材、すなわち高温ハンダからなる層によって、高温環境下においても、圧電振動子の気密が破壊されない。たとえば、圧電振動子を実装する場合において、ハンダのリフローによる加熱にも、十分に耐えることができる。また、キャップの開口部にプラグを圧入する際においても、柔らかい高温ハンダが変形することによって、隙間を埋めるように働き、確実に封止される。

さらに、前記リード線の表面、特にプラグから露出した部分の表面には、低温ハンダなどからなる層が形成されている。低温ハンダなどは、濡れ性が良いため、圧電振動体を固定する際や表面実装時に供給されるハンダ材が、リード表面になじみ、確実にハンダ付けを行うことができる。また、ハンダ材は本来安価な材料であるから十分な厚み、たとえば $5-10\mu\text{m}$ で、前記の層を形成することができる。よって、リード線を曲げたりしても、この層が破壊されることがなく、この面からも確実なハンダ付けが保証される。

なお、以上のスズ合金は、銀を3%以下、さらに好ましくは2-3%含むものとすることができる。

さらに、前記の支持部材は、前記インナリードをほぼ覆い、当該インナリードの端より前記圧電振動体の重心方向に向けて、当該インナリードの直径の半分を超える長さの張り出し部を有しているものとすることができる。このような形状とすることで、圧電振動体を確実に固定することができる。

さらに、前記プラグに前記第3の層などのように高温ハンダの層が形成されている場合は、キャップを銅・ニッケル合金などの比較的堅い金属で形成することも可能である。これは高温ハンダが柔らかいために、キャップが堅くても、なじみが良いためである。銅・ニッケル合金は、高い耐熱性を有しているので、圧電振動子の耐熱性が高められる。同様に、銅・ニッケル系合金以外の金属でキャップを形成し、その表面にニッケル層を形成することも好ましい。

本発明の他の態様である気密端子は、一端のみ開放した略筒形状を有し、前記電子素子を内部に納めるキャップの開放端を封止する気密端子であって、当該気

密端子は、前記キャップの開放端の内径とほぼ同一の断面形状を有し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる第1の層を前記キャップの開放端内径と接触する部分の表面に有するプラグと、前記プラグを貫通し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる第2の層をプラグより露出する部分の表面に有する複数のリード線を有し、さらに、前記プラグの、前記第1の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第3の層が形成され、前記リード線の、前記第2の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第4の層が形成されているものとすることができる。

本発明の他の態様である圧電振動子の製造方法は、キャップと気密端子により形成される気密容器内部に圧電振動体を収納した圧電振動子を製造する方法であって、前記気密端子の有するリード線と圧電振動体の有する電極膜との間に、鉛の含有率が88重量パーセント以上のハンダ材を供給し、前記リードと前記電極膜を結合することにより、気密端子に圧電振動体を固定する工程と、前記圧電振動体を前記キャップに納め、キャップを気密端子により封止することにより、圧電振動体を気密容器内部に密封して収納する工程と、を有している。供給するハンダ材の鉛含有率を88重量パーセント以上とすることで、リード線などに鉛含有率が低いハンダ材がメッキされていた場合でも、圧電振動体固定後の鉛含有率85%を確保することができる。

さらに、前記圧電振動体固定工程の前に、前記リード線の表面に鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材をメッキする工程を含むようにすることもできる。

また、前記圧電振動体固定工程の前に、前記気密端子に鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材をメッキする第1のメッキ工程と、前記第1のメッキ工程の後に、前記気密端子に鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材をメッキする第2のメッキ工程と、を含むようにすることもできる。

さらに、前記圧電振動体固定工程においては、前記リード線と前記電極膜を結合するハンダ材が、鉛の含有率が85以上98重量パーセント以下となるような量のハンダ材を供給することも好ましい。

さらに、前記圧電振動体固定工程においては、前記リード線と前記電極膜を結合するハンダ材の体積が、前記リード線の気密容器内部となる部分にメッキされたハンダ材の体積の2倍を超えているものとすることができる。この体積比により、リード線などに鉛含有率が低いハンダ材がメッキされていた場合でも、圧電振動体固定後の鉛含有率85%を確保することができる。

さらに、前記圧電振動体固定工程においては、前記リード線と前記電極膜を結合するハンダ材の体積が、前記リード線の気密容器内部となる部分の体積以上とするものとすることができる。これにより、確実に圧電振動体を固定することができる。

さらに、前記圧電振動体固定工程の後、80以上140℃以下で、1以上5日以下の熱処理工程を含むようにすることができる。この工程によって、圧電振動体を支持する支持部材のハンダの結晶粒が成長し、この部分のヤング率が低下する。したがって、より柔らかくなり、応力をより分散させることができる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の実施の形態の構造の一例を示す斜視図である。

図2は支持部材26の部分を拡大した、正面図である。

図3は支持部材26の部分を拡大した、側面図である。

図4は支持部材26の断面図である。

図5は圧電振動子に加わる落下衝撃による挙動を説明するモデル図である。

図6はハンダ縁部の応力状態を説明する縦断面図である。

図7はハンダ材の成分・温度と強度の関係を示すグラフである。

図8はスズ-鉛合金の2元状態図である。

図9は本発明の他の実施の形態の要部を示す図である。

図10は本発明のさらに他の実施の形態の要部を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面に従って説明する。図1は、本実施の形態の構造を示す斜視図である。ベース10は、略円筒形のプラグ12と、このプラグ12を円筒軸方向に貫通する2本のリード線14を含んでいる。プラグ12は、さらに略円筒形の封着ガラス16の外周にコパールからなる金属環18が設けられた構造を有している。前記の2本のリード線14は、封着ガラス16を貫通しており、封着ガラスから露出する部分が、インナリード20およびアウトリード22である。リード線14の、気密容器内部に突出する部分がインナリード20であり、図1においては、プラグ12より上方に飛び出した部分がこれに相当する。インナリード20の突出長さは短く、本実施形態の場合は、リード線14の直径である0.3mmとなっている。また、リード線14の、気密容器外部に突出する部分がアウトリード22であり、図1においては、プラグ12より下方に延びる部分がこれに相当する。アウトリード22は、表面実装に適するように、クランク状に曲げられている。

圧電振動体24は、コンベックス形の水晶振動体であり、その表裏の面には銀などの励振電極膜（不図示）が形成されている。また、圧電振動体24の形状に関しては、特にコンベックス形でなくとも、たとえば平板長方形AT板を用いることもできる。圧電振動体24は、その長軸をプラグ12の円筒軸に一致させ、かつ2本のインナリード20の間に配置される。そして、2本のインナリードが、圧電振動体24の表裏面に設けられた励振電極膜の一端に、ハンダ材よりなる支持部材26によって結合されている。

キャップ28は、一端が開放した略円筒形であり、その開口部の内径は、プラグ12の外周よりわずかに小さい径を有している。このキャップ28は、真空中で、図1中、上方より圧電振動体24およびベース12に被せられ、ベース12と圧入嵌合して、内部が真空となった状態で、封止される。これにより、気密容器が形成される。

図2ないし図4には、本実施形態の圧電振動体24とベース10との結合部分の詳細が示されている。本実施形態の圧電振動子の圧電振動体24は、図1など

に示すように片持ち支持であるため、圧電振動体 24 に、これを曲げるような外力が働くと支持部の根本に応力が集中する。このため、落下などにより過度の外力が圧電振動体に加わると、図 3 に示す一点鎖線 F のところで破断する。この破断を防止するために、本実施形態においては、支持部材 26 を、柔らかい、すなわちヤング率の低い材料で構成することにより、応力を分散するようにしている。支持部材 26 の材質は、鉛が 85 以上 95 重量パーセント（以下、wt%と記す）、好ましくは 90 wt%以上で、残りがスズの高温ハンダである。鉛の含有量が多いと、柔らかくなり、応力を分散することができる。

ベース 10 の表面、すなわちプラグ 12 の金属環 18 およびリード線 14 の表面には、あらかじめメッキにより、厚さ約 15 μ m のハンダ層 30 が形成されている。このハンダ層 30 は、鉛の含有量が 60 wt%以下の低温ハンダ、好ましくは共晶点付近の組成である約 40 wt%以下のハンダであることが好ましい。また、ハンダ層 30 は、鉛を含まないスズ、もしくはスズにわずかの銀を含むスズ合金がメッキされた層であっても良い。

何となれば鉛 40 wt%を超えるとハンダ付け性があまり良くない、軟らかく傷がつきやすい、色が黒ずんで美しくない、メッキ液の成分管理が困難になってくる等の欠点が目立ってくるからである。

支持部材のハンダ付けは次のように行う。低温ハンダ（共晶系ハンダ）メッキ済のベース 12 を治具上に並べて立てる。その上に、ちょうどインナリード 20 の頭部に当たる場所のみ穴があいていてペーストが塗布できるメタルスクリーンを重ね、高温ハンダ材の球状微粒子とロジン系フラックスとを混練して所望の粘度に調整したハンダペーストを印刷する。これにより、インナリード 20 の周囲に適量のペーストが付着する。その後、圧電振動体 24 をその電極膜がペースト滴に触れて濡れるようインナリード 20 の間隙に挿入する。この状態で全体を高温ハンダの融点を超える温度のリフロー炉を通すことにより圧電振動体 24 の電極膜とハンダの接続と支持固定が完了する。圧電振動体 24 の下端は、ほとんどベース 1 の上面に接しているので、圧電振動子の長さが短いものとなり、完成した圧電振動子の小型化を達成すると共に、ハンダボールの残存を許す間隙を作らない。

ペースト滴の量が適切に管理されていれば、支持部材 26 はインナリード 20 の側面と圧電振動体 24 の電極膜との間隙を埋め、インナリード 20 の両側方と先端部の更に上方に向かってなだらかに厚みを減じつつ圧電振動体 24 の表面に至る、概形が富士山型を形作る。本実施形態で使用する高温ハンダ材は鉛が 90 wt% 以上、残部が主にスズである合金が用いられている。少量の銀等を含んでも良い。前述のようにインナリード 20 の表面には、あらかじめ鉛が 60 wt% 以下である低温ハンダ材のハンダ層 30 がメッキにより形成されているが、その体積すなわち（インナリード 20 の表面積）×（メッキ厚）の 2 倍を超えるように、好ましくは 5 倍あるいは 10 倍以上となるように、支持部材 26 の体積を設定する。その結果、インナリード 20 にあらかじめメッキされた低温ハンダが支持部材 26 に溶け込んでも、その最終組成は十分鉛含有率が高くなる。また、支持部材 26 の体積は、インナリード 20 の体積に対してそれ以上であり、また支持部材 26 の裾野の部分はインナリード 20 の先端から圧電振動体 24 の重心 G のある方向に少なくともインナリード 20 の径、幅あるいは長さのうちの一つの寸法の少なくとも半分を超えて張出していることが望ましい。なぜなら、この張出し部分が衝撃時に適度に変形することが圧電振動体 24 を保護するからである。このように支持部材 26 を構成するハンダ材の最終的な組成を鉛含有率の高いものにしておくことによりハンダ材のヤング率を低く抑えることができる。ヤング率は鉛の成分比が多くなるほど低くなる傾向にある。

次にキャップ 28 にベース 10 を圧入封止した後の処理について説明する。

封止後熱処理として、80 ないし 140℃で 1 日ないし 5 日間の加熱を行う。キャップ 28 の内面はベース 10 表面の軟質金属層であるハンダ層 30 に密着して機械的に気密を保つばかりでなく、キャップ 28 の成分の銅、ニッケルの一部が熱処理によりベース側の鉛およびスズと相互拡散して合金化し、その液相線を押上げ、SMD 実装時のリフローに耐え、封止をより確実なものとする。

金属環 18 にメッキされた低温ハンダは、ほとんど外周側面、すなわちキャップ 28 との圧入封止面に存在する。この部分は熔融温度に加熱されても短時間ならば性能劣化するほどのガス発生はしないし、キャップ 28 の締め付け効果により封止がゆるむこともない。リング状の内側端面にメッキされた低温ハンダが容

器内に露出するが、僅かな面積に過ぎないのでこのハンダがたとえ溶融してもガス発生の悪影響はほとんどない。インナリード20の表面にメッキされた低温ハンダは圧電振動体24の搭載時に支持部材26の高温ハンダに溶け込んでしまう。この支持部材26の表面積は大きいが実装時のリフロー温度では溶融しないのでガス発生の悪影響はほとんどない。また、搭載時高温ハンダのペーストが加熱溶融されるが、高温ハンダ材の場合低温ハンダと比較するとハンダボールやハンダ飛びの発生は極めて少ない。また、たとえハンダの飛沫があっても、すぐ冷えるので水晶振動体や水晶振動子容器内に付着し難い。

さて、圧電振動子の耐衝撃性に関するハンダ支持部の効果を検討する。まず円筒型圧電振動子の木板床上への自由落下テストにおいて、最も弱い、すなわち内部の圧電振動体が破断しやすい状態は、圧電振動体がAT板である場合その主面（板面）をほぼ水平にした姿勢、あるいは圧電振動体の短辺がほぼ水平、長辺の圧電振動子先端側がやや下向きになった姿勢で床と衝突する場合と考えられる。圧電振動体が音叉型である場合は、脚折れに対しては同様に主面（U字面）がほぼ水平か、あるいは主面が垂直で長手軸（対称軸）が水平かやや下向きの場合と考えられる。以下に矩形AT板振動体を用いた本実施形態について、支持部の緩衝効果を成分およびヤング率の異なる2種類のハンダ材を例に取り上げ、数値的に考察する。

図2ないし図4において支持部材26の形は理想化してある。実際には図示するようなシャープな台形とならず、ややまるみを帯びる。平面形状は圧電振動体24表面の蒸着電極パターンに倣うのでかなり正確である。断面形状はハンダペーストの量に応じて多少不規則な形になる。支持部材26は圧電振動体24にほぼ接するインナリード20を包含し、その圧電振動体24から離れた側面を頂上とし、水晶表面上の広いパターンの縁に向かって厚さを減じ裾野を引きつつ終わる形状となっている。圧電振動体24は主面の両側を支持部材26に挟持されている。支持部材26は、ベース10の端面から圧電振動体24の重心G（中心）に向けて力学的性質、特に剛性に従って3つの部分A、B、Cに分けられる。部分Aはインナリード20の先端までで、これは極めて剛性の高い剛体部として作用する。部分Bはハンダ裾部で、剛性は場所により変化するが部分Aよりかなり

小さくなる部分を含むので、圧電振動体 24 を板面に垂直な方向 8 に撓ませようとする衝撃等による力またはモーメントに対してある程度弾性を有して緩衝作用を有する。部分 C は圧電振動体 24 の全質量の慣性力に対して、水晶板自体が撓んでバネ性を発揮する部分である。なお、圧電振動体 24 の全質量はその重心に集中しているとみなして以後の考察を行ない、そして、水晶板の重心以遠の部分は無視する。

実施形態においてインナリード 20 の直径は約 0.3 mm、部分 A および部分 B の長さは 0.25 mm、圧電振動体 24 の重心 G までの部分 C の長さは 2.5 mm である。また、周波数は 8 MHz であり、圧電振動体 24 の全長は 6 mm、幅は $b = 1.6$ mm である。圧電振動体 24 の中心（重心 G）での最大厚は 0.212 mm、両端厚は 0.123 mm、部分 B と部分 C の境界における厚さは 0.150 mm であり、両面は中心を頂点とする 2 次曲線よりなる筒状面と仮定する。圧電振動体 24 の厚さ y を式 (1) に示す。

$$2d = y = -0.00992 \times (-3)^2 + 0.212 \text{ (mm)} \quad (1)$$

この曲線を積分して幅を掛けることにより圧電振動体 24 の体積は 1.7494 mm³ となり、したがって、水晶の密度を 2.65 mg/mm³ とすれば質量は $m = 4.636$ mg と計算される。また、圧電振動体 24 の任意断面における断面 2 次モーメント I_q を式 (2) に示す。

$$I_q = b d^3 / 12 \text{ (mm}^4\text{)} \quad (2)$$

図 4 は、実施形態の支持部材 26 と圧電振動体 24 の断面図で、図 2 の IV-IV 断面である。支持部材 26 及び圧電振動体 24 の部分 B における断面が示されている。部分 B は圧電振動体 24 の厚さの中心を通る平面を中立面 32 として曲げ変形をすると仮定する。この仮定は支持部材 26 の位置と形が中立面 32 に関して対称ではないので厳密には正確ではないが、計算の便宜上このようにした。バネ効果を発揮するハンダ厚の薄い裾野の部分では誤差が小さくなる。計算に用いた他の諸寸法は、支持部材 26 の頂上の幅 $a = 0.1$ mm、裾の幅 $c = 1$ mm、圧電振動体 24 の幅 $b = 1.6$ mm（前出）である。また、圧電振動体 24 の厚さの半分を d mm、ハンダ断面の上辺の幅を z 、その中立面からの距離を e とする。 z はハンダ部の裾野に沿って a と c の間を直線的に変化するものとする。こ

の直線は圧電振動体 24 の固定端を通る。部分 B の任意断面における圧電振動体 24 上下にある支持部材 26 の断面 2 次モーメント I_s は式 (3) で表される。

$$I_s = 2 \int_d^e y^2 z dy$$

$$= \frac{[c(3d^4 - 4d^3e + e^4) + z(3e^4 - 4e^3d + d^4)]}{[6(e - d)]} \quad (\text{mm}^4) \quad (3)$$

部分 B において $x = 0.25 \text{ mm}$ から 0.5 までの区間を 5 等分して 6 断面をとり、それぞれの断面について式 (1)、(2)、(3) によって d 、 I_q 、 I_s を求める。水晶材ヤング率を E_q 、低温ハンダ、一例としてスズ含有率 96%、鉛含有率 0.05% のハンダ材のヤング率 E_{s1} 、高温ハンダ、一例として鉛含有率 89.5%、スズ含有率 8% のヤング率 E_{s2} とする。それぞれの値は $E_q = 73.0 \text{ GPa}$ (7454 kgf/mm^2)、 $E_{s1} = 42.1 \text{ GPa}$ (4300 kgf/mm^2)、 $E_{s2} = 15.7 \text{ GPa}$ (1600 kgf/mm^2) である。これらの値を各断面の I_q 、 I_s に乗ずる。添字の意味は、 $q = \text{quartz}$ 、 $s = \text{support}$ 、 $1 = \text{低温ハンダ}$ 、 $2 = \text{高温ハンダ}$ である。さらに、圧電振動体 24 の重心位置 G に板面に垂直な仮想の荷重 $W = 9.8 \text{ N}$ (1 kgf) を掛け (水晶振動体や支持系は荷重に比例した変位をし、破断しないものとする)、その荷重により考えている断面に作用する曲げモーメントを M とする。ハンダの裾部 B の長さは 0.25 mm と短くかつ水晶振動体の重心からは遠く、約 2.5 mm 離れているので、B 部に作用する曲げモーメント M はほぼ一様であって、 $M = 24.5 \text{ N}$ ($2.5 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$) であるとする。

こうして得られたある断面における $1/\rho = di/dx$ は、次式 (4) に示すとおりとなる。

$$1/\rho = di/dx = M / (E_q I_q + E_s I_s) \quad (4)$$

式 (4) において ρ は中立面の曲げ撓みの曲率半径 (mm)、 i は撓み角 (rad) である。したがって、部分 B の全撓み角 i_s は式 (4) を部分 B の始点 $x = 0.25$ から 0.5 まで積分すれば得られる。この積分は上記各断面における式 (4)

の値から、台形法等を用いて数値積分すればよい。計算の細かい過程の記述は省略する。結果は低温ハンダでは $i_{s1} = 0.04543$ (rad)、高温ハンダは $i_{s2} = 0.07356$ (rad) である。また、その撓みに起因する圧電振動体 24 の重心の変位 δ は、撓み角に重心までの距離 $l = 2.5$ mm を掛けて低温ハンダで $\delta_1 = 0.11358$ (mm)、高温ハンダで $\delta_2 = 0.18390$ (mm) と得られる。そして結局、ハンダ支持部の部分 B のバネ性として、圧電振動体 24 の重心位置に換算したバネ定数が低温ハンダで $K_{s1} = 86.3$ N/mm (8.8044 kgf/mm)、高温ハンダで $K_{s2} = 53.3$ N/mm (5.4377 kgf/mm) が得られた。高温ハンダ材のヤング率は低温ハンダ材のその約 37.2% しかなく大幅な緩衝性が期待されたが、支持系のバネ定数での比は約 61.8% に止まっている。これは表裏のハンダ材に挟まれた芯としてヤング率の高い水晶材が存在するためハンダ材の差異による効果が薄められたためである。

次に、圧電振動体自身も緩衝バネ効果を有するので、そのバネ定数を求めておく。このバネ定数 K_q は近似的に、圧電振動体重心 G に板面に垂直に加えられた荷重 $W = 9.8$ N (1 kgf) と、それによる圧電振動体本体の曲げ撓みによる重心 G の変位との比である。この曲げ撓みに寄与するのは図 2 において部分 C の部分 B の端から重心 G までの部分とみなしてよい。この部分は断面の厚さに変化する一様材質の片持ち梁で、その自由端に荷重 W が作用している。一様断面ではないので上述の部分 B の撓みを求めた場合に倣って、水晶片持ち梁の長手方向に数個の断面を等間隔に取り、各断面における荷重 W による断面 2 次モーメント I_q (式 (2) 参照)、曲げモーメント M (断面の中間の区分では一様とする) を求め、水晶のヤング率 $E_q = 73.0$ GPa (7454 kgf/mm²) とし、各区間の曲げ撓みによる重心 G の変位の寄与分を式 (4) により求める。このとき、ハンダ材の項 $E_s I_s$ を無視する。そして、それらを足し合わせると総合的な水晶振動体の部分 C による重心 G の変位 $\delta_q = 1.1948$ mm、バネ定数 $K_q = 8.20$ N/mm (0.8370 kgf/mm) が求められる。

図 5 は、圧電振動子に加わる落下衝撃による挙動を説明するモデル図である。以下の説明によって、既に求めた K_q 、 K_s 、 m と、衝撃により水晶振動体に発生する応力の大小である耐衝撃性との関係を明らかにする。図 5 において圧電振動

子のキャップ 28 の内部では、一端が容器の固定された支持バネと等価なバネ（バネ定数 K_s ）、その他端に直列に接続された水晶振動体本体と等価なバネ（バネ定数 K_q ）があり、さらにその先端に水晶振動体の重心における等価質量 m が吊られている。バネ K_s とバネ K_q との直列バネの合成バネ定数を K とすると次式（5）により求められる。

$$1/K = 1/K_q + 1/K_s; K = K_q K_s / (K_q + K_s) \quad (5)$$

このようにモデル化された圧電振動子が、前に説明した最悪の姿勢で木板 34 上に高さ h から落下するものとする。圧電振動子各部は高さの差 h に相当する位置エネルギーが、衝突直前の時点で衝突速度 v に対応する運動エネルギーに変化する。衝突と共に容器は停止するが、中身の圧電振動体等価質量 m は慣性で運動を続ける。そのため質量 m の運動エネルギーをちょうど吸収するため s だけバネ K は伸びる。もし容器が衝突で停止せずに反跳する場合は、バネが吸収すべきエネルギーが衝突速度と反跳速度の絶対値の和に対応する運動エネルギーあるいは落下高さと反跳高さの和に相当する位置エネルギーとなるが、モデルや現象の本質には変化がない。以下簡単のため容器は衝突後停止すると仮定する。バネ K が吸収すべきエネルギー U を式（6）に示す。

$$U = m g h = (1/2) m v^2 = (1/2) K s^2 \quad (6)$$

式中 g は重力加速度で、 $g = 980 \text{ cm/s}^2$ である。

図 5 のモデルによる以下の計算は、落下による圧電振動体の一定の運動エネルギーが K_q と K_s とに分散されて吸収されるが、その場合支持バネ定数 K_s がある程度小さい方が圧電振動体の等価バネ性 K_q に吸収されるエネルギーがより減少し、したがって振動体を折損させようとする応力が小さくなるということを定量的に示そうとするものである。

式（6）から、衝突速度 v と最大重心変位 s は、式（7）のように表わせる。

$$\therefore v = \sqrt{2 g h}, \quad s = \sqrt{m/K} v \quad (7)$$

また、変位 s により重心位置に発生する力を f 、その力 f による水晶の破断面（図 3 中、一点鎖線で示される面）に作用する。モーメントを M 、そのモーメントにより水晶の破断面に発生する最大応力 σ 等は式（8）のように表せる。

$$f = K s, \quad M = f l, \quad \sigma = M/Z, \quad Z = b y^2/6 \quad (8)$$

なおZはいわゆる断面係数であつて、破断面において実施形態の8MHzのAT板では $y = 0.150 \text{ mm}$ であれば、 $Z = 0.006 \text{ mm}^3$ となる。 $m = 4.636 \text{ mg}$ 、 $h = 100 \text{ cm}$ の場合、本実施形態の具体的な数値を式(5)から式(8)に適用した結果を、次に示す。なお、添字1,2については前述と同様、低温ハンダと高温ハンダの区別を示す。

$$U = 4.54 \times 10^{-5} \text{ J} \quad (454.29 \text{ erg})$$

$$v = 442.7 \text{ cm/s}$$

$$K1 = 7.49 \text{ N/mm} \quad (0.76434 \text{ kgf/mm})$$

$$K2 = 7.11 \text{ N/mm} \quad (0.72535 \text{ kgf/mm})$$

$$s1 = 0.11018 \text{ mm}$$

$$s2 = 0.11311 \text{ mm}$$

$$f1 = 0.825 \text{ N} \quad (0.084215 \text{ kgf})$$

$$f2 = 0.804 \text{ N} \quad (0.082044 \text{ kgf})$$

$$M1 = 2.06 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (0.2106 \text{ kgf} \cdot \text{mm})$$

$$M2 = 2.01 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (0.2052 \text{ kgf} \cdot \text{mm})$$

$$\sigma 1 = 344 \text{ MPa} \quad (35.10 \text{ kgf/mm}^2)$$

$$\sigma 2 = 335 \text{ MPa} \quad (34.18 \text{ kgf/mm}^2)$$

ハンダ材の例における必要な計算結果が得られたので、その数値について以下に比較検討・考察する。まず支持部(図2中部分B)に用いたハンダ材のヤング率には本来大差があつたのだが硬い水晶芯材の存在のためにその差が縮まって、 $Ks2/Ks1 = 61.8\%$ 程度の比になつたことは前に述べた。上記K1とK2を比較するに、 $K2/K1 = 94.9\%$ とさらに接近した。これはモーメントの働き方や断面の厚さにもよるが一般に長い板は曲げやすく短い板は曲げ難いのであるが、水晶板本体は十分長いためそのバネ定数Kqは小さくなった(コンプライアンスが大)が、一方Ks2、Ks1は図2中部分Bの短かさのため比較的剛性が高く数値大のため式(5)の合成バネ定数Kの差がさらに小さくなることになつたからである。得られた変位s、力f、曲げモーメントM、応力 σ のそれぞれについて、材料に関する比は結局 $\sqrt{K2/K1}$ に比例または反比例するので、その差は小さくなる。水晶材の応力値が破断限界値に達すると水晶材の破断が起これとえられる

ので、例えば異なるハンダ材による応力 σ の比較は最終的な耐衝撃性の評価の指標となると考えるべきであるが、得られた結果より $\sigma_2/\sigma_1=97.4\%$ であり応力差は約 2.6% となった。

この計算結果に示されるように鉛含有率が高いハンダ材を用いることにより数%の応力減が達成できる。市場の要求である落下高さ 1 m あるいはそれよりやや高い場合の水晶曲げ応力の計算値は、実際に水晶振動体に静荷重を掛けた破断実験によって得られた曲げ応力値とかなりよい一致を見ている。これは上に述べてきた衝撃の力学的考察の妥当性をも示すものである。このように、圧電振動子の耐衝撃性が市場の最高ニーズぎりぎりである場合には、たとえ数%の改善といえども製品の信頼性への寄与は大きく、その産業的な価値は高い。

当社での実験によれば、低温ハンダ使用の場合の耐衝撃性が落下高さ 75 cm 程度であったものが高温ハンダ使用で 1.2 m から 1.5 m までも大幅に改善された。鉛含有率の高いハンダ材の使用で耐衝撃性を大きく改善できると推測できる理由が、前記計算とはまた別に少なくとも2つは存在するのでそれを説明する。

第1にはハンダ材の応力-歪特性に基づく効果である。ハンダ材で試験片を作成して、引張試験を行うと、引張応力の増分は伸び歪にほとんど比例せずに歪の増加と共に単調に減少し、対数曲線の正の部分に似た形状の曲線を描く。この線形状は、ハンダ材のヤング率が歪が大きいほど低い値になることと、未確認ではあるが繰返し変形に関してはヒステリシスがあり、内部損失が大きい材料であるだろうということを示している。前述した計算で用いたヤング率は変形の極く初期の曲線の傾向から求めた値であるし、前述の計算からハンダ支持部(B部)に 1 m 落下で生じうる最大歪みである $0.数\%$ もの歪値にあつては平均ヤング率が初期値の半分以下にも減少することがわかった。その減少傾向は低温ハンダ(スズに近いもの)も高温ハンダもよく似ており、歪値の高い場合でもやはり高温ハンダ材の平均ヤング率の方がかなり低い。

第2は応力集中効果の差である。図6は本来の実施の形態における支持部材26の裾部の縁とその付近の圧電振動体24の縦断面図で、曲げモーメント M により、裾部の縁位置での圧電振動体24の長手軸に直角な断面36における中立面32の上下に発生する応力分布38を図示している。実際に生産される圧電振動

子の中には、図6に示すように支持部材26の縁部が裾を引かずに蒲鉾型に急傾斜で終わっているものが多い。その場合隅部40における圧電振動体24の表面付近は曲げられたとき支持部材26の剛性のために応力集中を生じ、そのため断面36上の応力は、もし支持部材26がなければ直線で示される応力分布42で示されるように中立面32からの距離に比例した直線的な増加をするべきところ、実際は曲線状の応力分布44で示されるように表面での最大応力がより増大するような分布になると推測される。機械工学便覧によると、回転しながら曲げを受ける段付き丸棒の疲れ限度（無限回の繰返し荷重変化に対して疲労破壊を起さない最大限の応力値）は、隅肉部の応力集中のため段付き丸棒の細い部分と直径が等しい平滑な丸棒の疲れ限度より低下し、その低下の倍率は1.0を超え、隅肉部のアール（曲率半径）が小さく鋭い場合には2.5にも達成するとの記載がある。これは曲げを受けると応力の最大値が隅肉部では実際にその倍率で増大しているからであり、繰返しのない1回の荷重でも同様であるといえよう。この記載から図6の応力分布が類推される。

しかし、本実施例では材質的に不連続で、ハンダと水晶という異なった材質で段付き形状が構成されている点が異なり、硬い水晶を軟かいハンダが包んでいるので、倍率は便覧に記載された値よりもっと小さくなるであろう。想像を加えて言えば、一様材質での倍率2.5にたとえばさらにハンダ材と水晶材のヤング率の比 E_s/E_q （低温ハンダでは0.577、高温ハンダでは0.215）などが掛かるかも知れない。ただし倍率が1を下回ることはないであろう。このような仮説の下で、前記倍率2.5に低温ハンダのヤング率比を掛けると倍率は1.44となりかなりの応力の増大はあることになる。しかし、高温ハンダを用いると倍率は1（積の値は0.538<1となるので倍率1とする）となり応力集中は全くなくなる。すなわち水晶材本来の強度がフルに発揮されるので格段の効果があることになる。

これらの知見を前述の計算における考え方に加味すると、衝撃の過程で支持部の変形の進行と共に低高温いずれのハンダ材の場合でもそのヤング率が減少して、前記計算値よりも大きく変形し等価バネ定数 K_s は小さくなり、水晶の応力は減じる。しかし、鉛含有率の高いハンダ材においては、支持部の変形量にしたがって

ハンダ材の歪がより大きいのでヤング率の低下がより進行し最終的な変形が一層増加するであろうから、低温ハンダ材の場合との水晶応力比は前の計算結果である2.6%よりも拡大していることが期待される。さらに、このヤング率低減に伴う効果の他に、上記のハンダ材の弾性ヒステリシス、すなわち内部損失が衝撃によって生起される振動エネルギーの一部を熱に変換して放散することによる緩衝作用も併存しているであろう。そのハンダ材による量的な差異は現在明らかではないが、塑性変形の容易な材料として知られている鉛含有率の高いハンダ材の方が効果大なのではないかと想像される。

本発明に使用されるハンダ材の成分・特性について補足する。図7はハンダ材中の鉛の重量成分比と温度変化に対する強度を示すグラフ、図8はスズ-鉛合金の2元状態図である。圧電振動子のベースやリード線にあらかじめメッキしておく低温ハンダ材としては、融点（図8の液相線の位置）が純スズの融点232℃程度以下となる成分比すなわち鉛の重量比が0から60%の範囲が適当である。ただし鉛の重量比が40から80%の合金にはやや使い難さがある。また、圧電振動体の支持に使用する高温ハンダ材中の鉛の成分比は最高は鉛100%までが選択可能範囲であるが、インナリードにメッキされた低温ハンダ材が搭載時に熔融して高ハンダ材と混合することを考慮し、冷却後の組成が約85%から97%になるように選ばれる。下限値の85%は図8の固相線が純スズの融点を下回らない値であり、また上限値97%は図7において封止完了後の電圧振動体の支持部分が加熱されてもある程度の強度を維持するように定めた。

図9には、本発明の他の実施形態の要部が示されている。本実施形態の説明において、前述の実施形態と同様の構成には同一の符号を付し、その説明を省略する。本実施形態において、特徴的なことは、キャップ28にも低温ハンダ材のハンダ層46が設けられている点である。このハンダ層46は、キャップ28の少なくとも開放端部の内面に設けられる。その他の構成は、前述の実施形態と同様である。

金属環18にメッキされた低温ハンダとキャップ28内面にメッキされた低温ハンダとは圧入によって互いに圧接され協同して気密封止を行う。ハンダからなる軟質金属層の総厚はたとえば15 μ m程度であるが、それをベース10とキャ

ップ28とにたとえば半々に振り分けることができる。すなわち、ベース10への低温ハンダのメッキ厚さは数 μm あればよい。この結果、インナリード20へのメッキ厚さも同程度に薄くなる。よって、支持部材の高温ハンダの支持部材26にはインナリードにメッキされていた低温ハンダが溶け込み、搭載後の支持部材26中の鉛の成分比を下げるが、その低下の程度が少ない。すなわち、支持部材26のヤング率の上昇が低く抑えられる。ただし圧電振動子の回路基板への実装時に低温ハンダの溶融点を上回る加熱を圧電振動子全体に対して行くと、封止の圧界面は締めつけ効果でたとえ溶けても気密を維持するが、キャップ内面に残された低温ハンダが溶融し蒸気を発生し圧電振動子の特性を害するので、本発明の構成において全体の耐熱性には一定の限界がある。しかしアウトリードの加熱に対しては、熱伝導の終点が高温ハンダなのでかなり強い。

図10には、本発明のさらに他の実施形態の要部が示されている。本実施形態の説明において、前述の実施形態と同様の構成には同一の符号を付し、その説明を省略する。本実施形態において、特徴的なことは、ベースにメッキによって2つのハンダ層が設けられている点である。その他の構成については、図1などに示した実施形態のものと同様である。

金属環18の外周部と、リード線14の露出部分、すなわちインナリード20+アウトリード22には、高温ハンダ材からなる第1のハンダ層50と低温ハンダ材からなる第2のハンダ層52が設けられている。高温ハンダ材は、前述のように鉛含有率が60wt%を超えるハンダ材であり、本実施形態の場合、90wt%以上のハンダ材が第1のハンダ層50を形成している。また、第1のハンダ層50は、メッキにより約9-15 μm の厚さに形成されている。第1のハンダ層50のさらに上に、低温ハンダ材からなる厚さ約3-5 μm の第2のハンダ層52が形成されている。低温ハンダ材は、前述のように鉛含有率60wt%以下のハンダ材であり、本実施形態では、共晶点付近の組成である約40wt%以下のものを用いている。この組成のものを選択したのは、鉛含有率が40wt%を超えると、ハンダ付け性が悪くなり、柔らかく傷つきやすく、また色が黒ずんでいて美しくない、さらにメッキ液の成分管理を厳しく行う必要があるなどの理由からである。

なお、リード線14および金属環18の表面には、前述の2つのハンダ層50、

52を形成する前に、あらかじめ2-5 μ mの銅メッキを行うことも好適である。これは、リード線14や金属環18の材質であるコパールとハンダ材との密着性を良くするためである。さらに、第1のハンダ層50を形成した後、この表面にニッケルや銅や金など鉛より融点の高い金属を中間層として1 μ m程度メッキしておくことも好適である。これは、第1のハンダ層50から第2のハンダ層52に鉛が拡散することを防止するためである。

圧電振動体は、前述の実施形態と同様にハンダ付けによりインナリードに固定される。ハンダ付けが行われるリフロー炉の温度は、たとえば300℃であり、このときインナリードにメッキされていた高温ハンダも溶融し薄いニッケル膜を破って、上層の低温ハンダも共にマウント用の高温ハンダに溶け込み一体となって冷却し固まる。実験によれば支持部材の最終成分は鉛77%でも耐熱性の向上が認められるが、本来の高温ハンダ材（例えば鉛90、スズ8、銀2wt%）の組成に近づけることが、耐熱性、対衝撃性双方の目的を達成するために望ましい。インナリードの第1のハンダ層50の成分比のために、ハンダ塊の最終組成は鉛が薄まることが少なく前記目的を達成しやすい。

なお、図10に示したベースは、電子素子の封止用部品である気密端子として極めて広い用途がある。すなわち、高温ハンダ材からなる第1のハンダ層50によって、高い耐熱性が要求される場合でも使用することができ、もちろん一般の用途にも使用できる。

以上の各実施形態に対し、圧電振動体は他の形式、例えば音叉型圧電振動体であっても実質的には変りはない。また内部構造によっては圧電振動体を両持ちとすることもありうる。気密端子のリード線は円形断面に限定する必要はない。圧電振動体はインナリードで挟む必要はなく、圧電振動体の片面に並べてハンダ支持してもよい。この場合は、支持部材が圧電振動体の片面にまとまるのでそのコンプライアンスを下げることができ、高温ハンダ使用の効果がより顕著になるであろう。また、コパール等の材料よりなるベースにあらかじめハンダメッキをする際、銅などの下地メッキを行っておくことも含まれる。また、キャップの材質は洋白の他、より安価な、鉄、鉄合金、アルミニウム、アルミ合金、銅、SUS材、銅-ニッケル-錫合金（これらにニッケル等のメッキを施したものも含む）

などが考えられる。

以上、各実施形態によれば、圧電振動体を支持する支持部材の体積が大きいので支持部材の成分は十分に鉛含有率が高いものとなり、SMD実装も可能な耐熱性を与えられる。また、支持部材の鉛含有率が高いことによって低ヤング率とその非線型低減効果、内部摩擦、応力集中緩和等の総合作用によって大きな緩衝効果を得て、実験データで得られていたように、高度な耐衝撃性が得られた。これは緩衝用に接着剤を用いた従来技術におけるマウントの位置ズレを解消しC I

(共振時の等価抵抗値)やC o (電極間容量値)のバラツキを減少させた。また、他の従来例のように緩衝用の中間部品をインナリードに付加する必要もなくなり、構造の複雑化や組立コストの上昇、圧電振動子の全長の増加、ハンダボールの残留等の危険をすべて回避することができた。また、高温ハンダによる支持の故に、ハンダの飛散や付着がなくなった。

また、ベース(気密端子)には下層に高温ハンダ材、上層に低温ハンダ材の2重メッキを行った場合、そのままでアウトリードによる圧電振動子のハンダ付けの作業性を良好に維持できた。従来例のように鉛含有率の高いハンダメッキの除去加工も不要とし、表面に材料費の嵩む銀メッキを(薄く)行う従来例におけるリード線の曲げ加工や再実装が困難になる欠点を除くことができた。また、インナリードのメッキのハンダ塊への溶け込みによるハンダ塊の鉛成分比を一層改善することができた。なお、2層メッキはメッキ浴槽を同じ工程内で直列に並べるだけ実施できるのでほとんどコストアップにはならない。

更に内部にハンダ等の低融点の軟質金属をメッキしない、あるいはメッキを施さないキャップを用いる場合、加熱時に内部からの金属蒸気の発生を実質的になくし、SMD実装に適する耐熱性を有する圧電振動子を実現した。

請求の範囲

(1) 圧電振動体と、

一端のみ開放した略筒形状を有し、前記圧電振動体を内部に納めるキャップと、
前記キャップの開放端を封止し、前記キャップと共に気密容器を形成する気密端子であって、当該気密端子は、前記キャップの開放端の内径とほぼ同一の断面形状を有し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる第1の層を前記キャップの開放端内径と接触する部分の表面に有するプラグと、前記プラグを貫通し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる第2の層をプラグより露出する部分の表面に有する複数のリード線を有する、気密端子と、

鉛の含有率が85以上、98重量パーセント以下のハンダ材にて形成され、前記圧電振動体を、前記リード線の気密容器内部に突出した部分であるインナリードに接合固定する支持部材と、
を有する圧電振動子。

(2) 請求の範囲(1)に記載の圧電振動子において、前記プラグの、前記第1の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第3の層が形成されている、圧電振動子。

(3) 請求の範囲(2)に記載の圧電振動子において、前記リードの第2の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第4の層が形成されている、圧電振動子。

(4) 圧電振動体と、

一端のみ開放した略筒形状を有し、前記圧電振動体を内部に納めるキャップと、
前記キャップの開放端を封止し、前記キャップと共に気密容器を形成する気密端子であって、当該気密端子は、前記キャップの開放端の内径とほぼ同一の断面形状を有し、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる層を前記キャップの開放端内径と接触する部分に有するプラグと、前記プラグを貫通し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる層をプラグより露出する部分の表面に有する複数のリード線を有する、気



密端子と、

鉛の含有率が85以上、98重量パーセント以下のハンダ材にて形成され、前記圧電振動体を、前記リード線の気密容器内部に突出した部分であるインナリードに接合固定する支持部材と、
を有する圧電振動子。

(5) 請求の範囲(1)に記載の圧電振動子において、前記支持部材は、前記インナリードをほぼ覆い、当該インナリードの端より前記圧電振動体の重心方向に向けて、当該インナリードの直径の半分を超える長さの張り出し部を有している、圧電振動子。

(6) 請求の範囲(4)に記載の圧電振動子において、前記支持部材は、前記インナリードをほぼ覆い、当該インナリードの端より前記圧電振動体の重心方向に向けて、当該インナリードの直径の半分を超える長さの張り出し部を有している、圧電振動子。

(7) 請求の範囲(1)に記載の圧電振動子において、前記キャップは、銅・ニッケル合金で形成されている、圧電振動子。

(8) 請求の範囲(4)に記載の圧電振動子において、前記キャップは、銅・ニッケル合金で形成されている、圧電振動子。

(9) 請求の範囲(1)に記載の圧電振動子において、前記キャップは、その表面にニッケルにより形成されるニッケル層を有する、圧電振動子。

(10) 請求の範囲(4)に記載の圧電振動子において、前記キャップは、その表面にニッケルにより形成されるニッケル層を有する、圧電振動子。

(11) 一端のみ開放した略筒形状を有し、前記電子素子を内部に納めるキャップの開放端を封止する気密端子であって、

当該気密端子は、前記キャップの開放端の内径とほぼ同一の断面形状を有し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる第1の層を前記キャップの開放端内径と接触する部分の表面に有するプラグと、前記プラグを貫通し、鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金からなる第2の層をプラグより露出する部分の表面に有する複数のリード線を有し、



前記プラグの、前記第1の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第3の層が形成され、前記リード線の、前記第2の層の下には、鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材からなる第4の層が形成されている、

気密端子。

(12) キャップと気密端子により形成される気密容器内部に圧電振動体を収納した圧電振動子を製造する方法であって、

前記気密端子の有するリード線と圧電振動体の有する電極膜との間に、鉛の含有率が88重量パーセント以上のハンダ材を供給し、前記リードと前記電極膜を結合することにより、気密端子に圧電振動体を固定する工程と、

前記圧電振動体を前記キャップに納め、キャップを気密端子により封止することにより、圧電振動体を気密容器内部に密封して収納する工程と、
を有する、圧電振動子の製造方法。

(13) 請求の範囲(12)に記載の圧電振動子の製造方法であって、前記圧電振動体固定工程の前に、前記リード線の表面に鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材をメッキする工程を含む、圧電振動子の製造方法。

(14) 請求の範囲(12)に記載の圧電振動子の製造方法であって、前記圧電振動体固定工程の前に、

前記気密端子に鉛の含有率が60重量パーセントを超えるハンダ材をメッキする第1のメッキ工程と、

前記第1のメッキ工程の後に、前記気密端子に鉛の含有率が60重量パーセント以下のハンダ材をメッキする第2のメッキ工程と、
を含む、圧電振動子の製造方法。

(15) 請求の範囲(12)に記載の圧電振動子の製造方法であって、前記圧電振動体固定工程においては、前記リード線と前記電極膜を結合するハンダ材が、鉛の含有率が85以上98重量パーセント以下となるような量のハンダ材を供給する、圧電振動子の製造方法。

(16) 請求の範囲(12)に記載の圧電振動子の製造方法であって、前記圧電振動体固定工程においては、前記リード線と前記電極膜を結合するハンダ材の



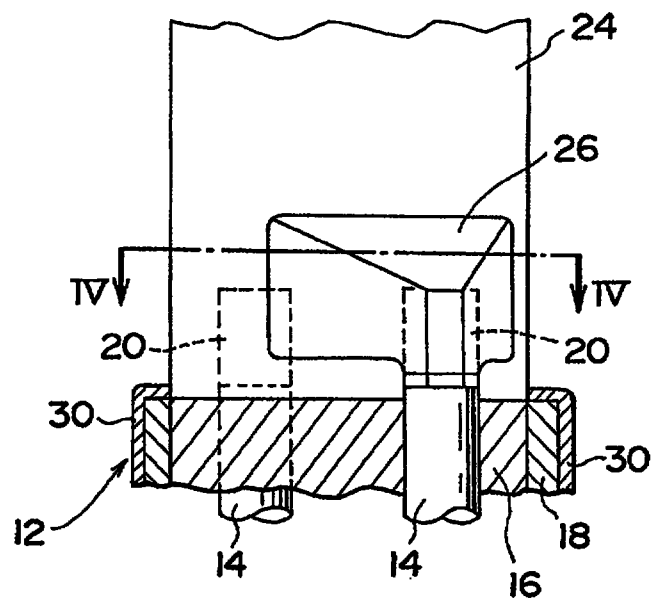
体積が、前記リード線の気密容器内部となる部分にメッキされたハンダ材の体積の2倍を超えている、圧電振動子の製造方法。

(17) 請求の範囲(12)に記載の圧電振動子の製造方法であって、前記圧電振動体固定工程においては、前記リード線と前記電極膜を結合するハンダ材の体積が、前記リード線の気密容器内部となる部分の体積以上とする、圧電振動子の製造方法。

(18) 請求の範囲(12)に記載の圧電振動子の製造方法であって、前記圧電振動体固定工程の後、80以上140℃以下で、1以上5日以下の熱処理工程を含む、圧電振動子の製造方法。



2



3

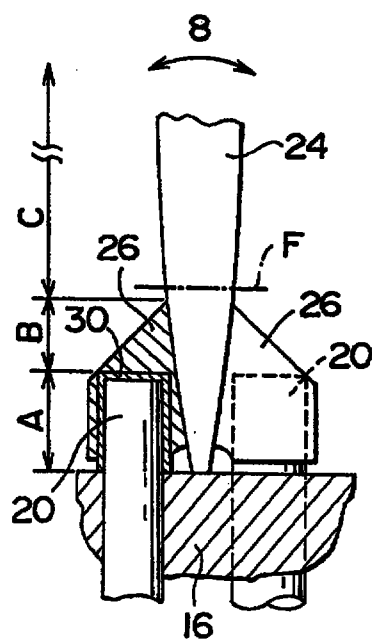


図 4

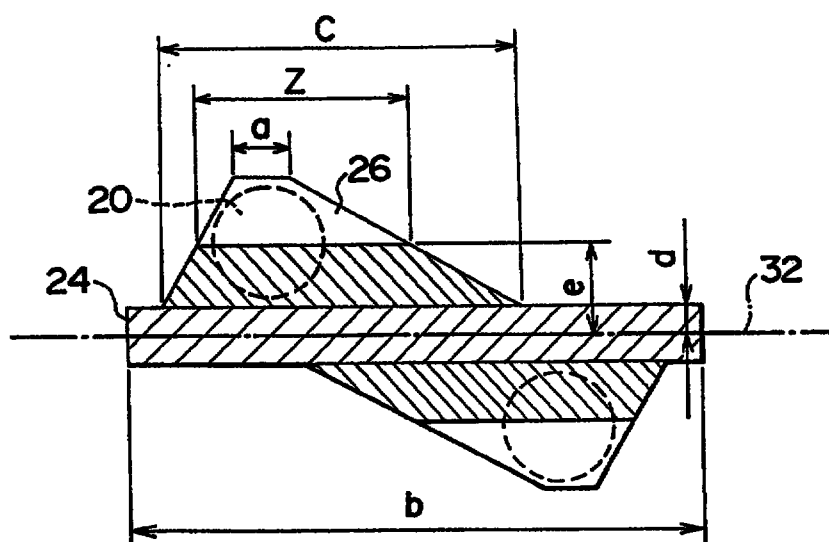


図 5

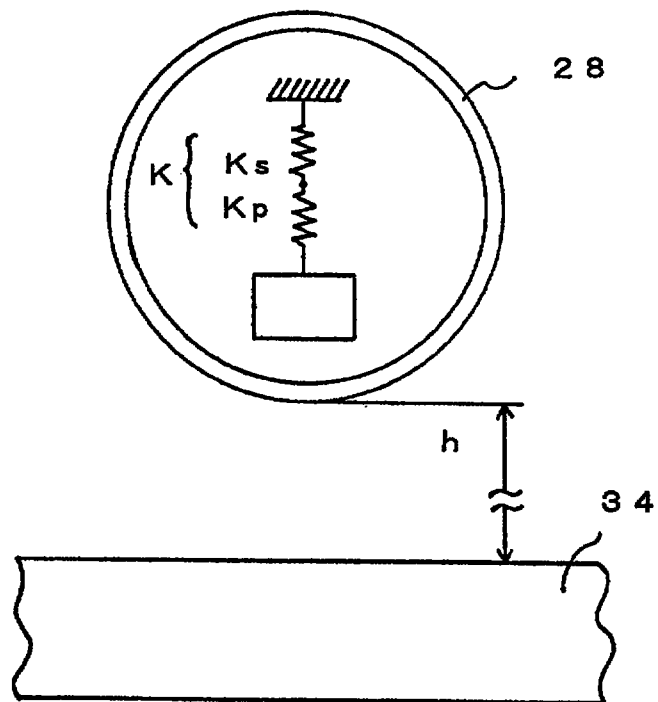


図 6

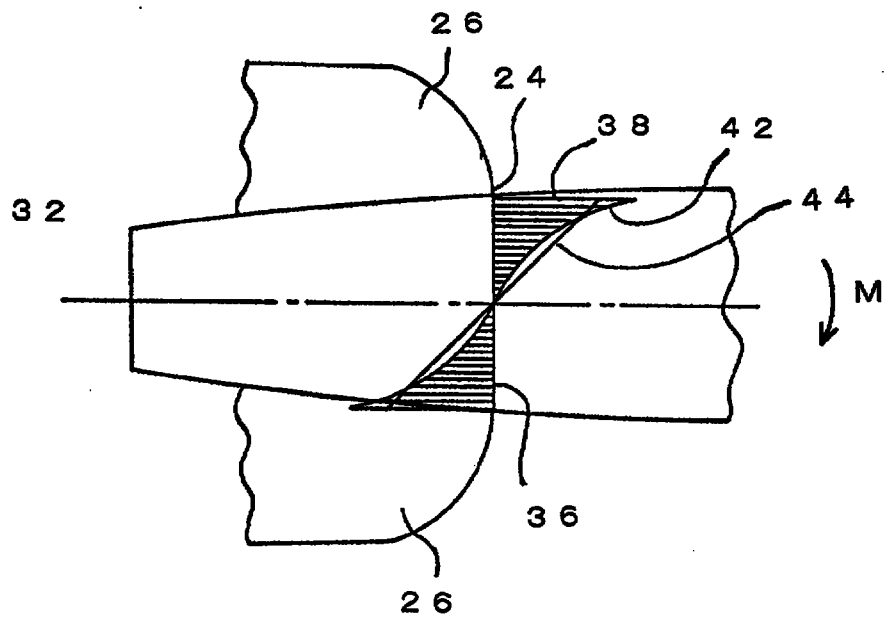


図 7

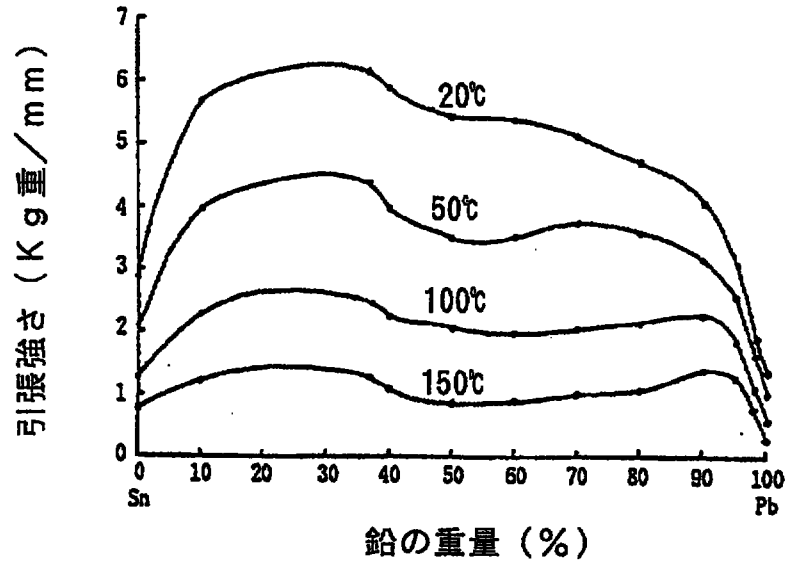
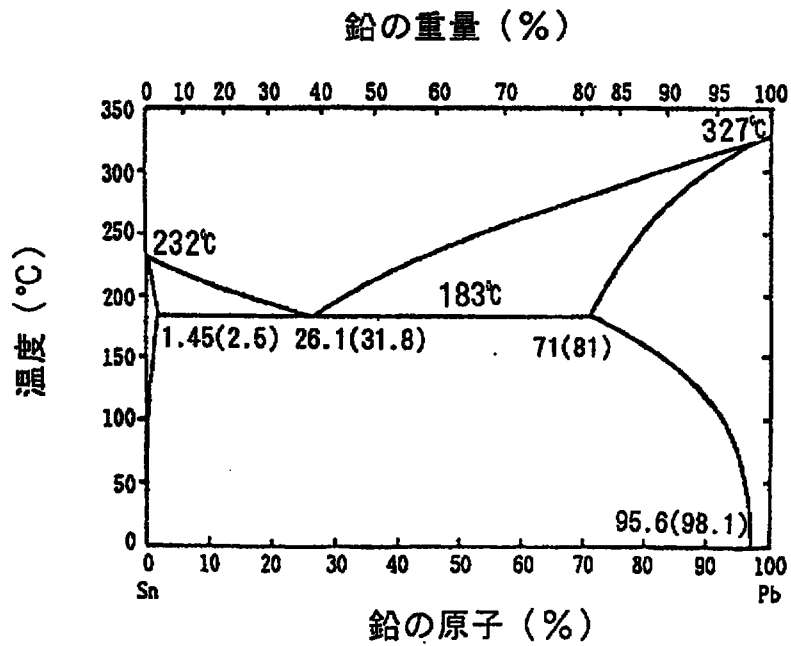
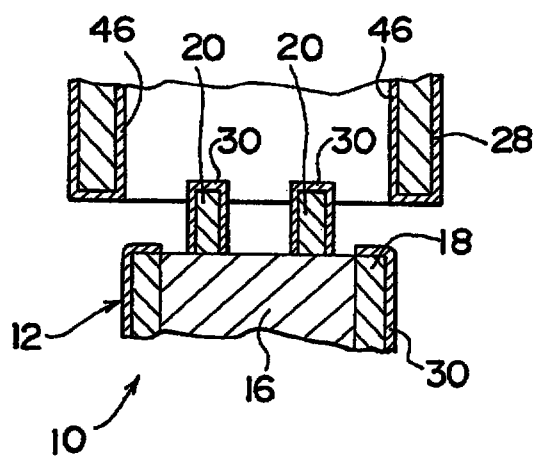


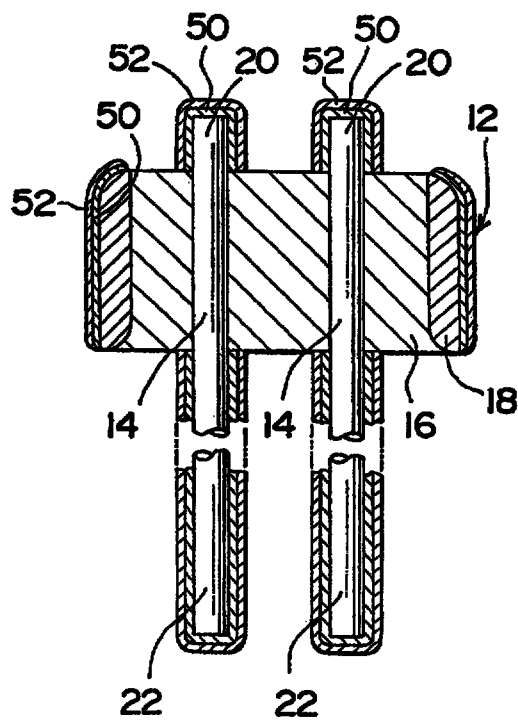
図 8



9



10



PIEZOELECTRIC OSCILLATOR UNIT

TECHNICAL FIELD

The present invention relates to piezoelectric oscillator units of a type having a gas-tight casing, in which a piezoelectric oscillator such as a quartz oscillator is sealed, as well as such gas-tight casings, and more particularly, to the structure and method of manufacture of such piezoelectric oscillator unit.

BACKGROUND ART

A piezoelectric oscillator which comprises a piezoelectric oscillator sealed in a gas-tight casing and leads connected at one end to the piezoelectric oscillator and having other end portions extending to the outside of the gas-tight casing, is a well known art. The piezoelectric oscillator employed may be a tuning-fork oscillator, a rectangular AT cut oscillator, etc. The gas-tight casing is formed by a substantially cylindrical cap open at one end and a plug having an outer shape capable of being pressure fitted in the inner surface of the open end of the cap, the plug being pressure fitted therein. The cap is formed from Kovar or german silver. The plug comprises a glass body and a metal ring fitted on the periphery of the glass body, and it is penetrated by a plurality of leads of Kovar or like material. The piezoelectric oscillator is coupled by solder of ends of the leads, and is thus supported by the ends thereof. The piezoelectric

oscillator is accommodated gas-tightly by pressure fitting the plug in the cap as noted above. The plug thus serves as a gas-tight sealer terminal which seals the piezoelectric oscillator and is connected to external circuitry.

5 The above piezoelectric oscillator unit is normally manufactured as follows. First, the inner periphery of the open end of the gap, the outer periphery of the plug and the leads are plated with an eutectic solder. Then, paste of a mixture of the eutectic solder and a flux is supplied to portions of the leads
10 that are to extend into the inside of the gas-tight casing, and surface electrodes of the piezoelectric oscillator, formed on the surface thereof, are held in contact with the portions supplied with the paste. The solder paste is then thermally fused to secure the piezoelectric oscillator to the plug. In this way, the
15 piezoelectric oscillator unit is obtained. By plating the outer periphery portion of the plug and the inner periphery portion of the cap with the soft metal solder, the play between these portions can be filled and sealed when the plug is pressure fitted. In addition, by plating the leads with solder, the property of
20 soldering between the surface electrodes of the piezoelectric oscillator and the external circuitry can be improved. By the term "eutectic solder" is meant solder with a tin content of 62 percent by weight, the remainder being lead. In the following description, solders with lead contents of 60 percent by weight
25 or less, inclusive of the eutectic solder, are referred to as low

temperature solder. The remainder of the low temperature solder composition other than lead is entirely or mostly tin, and may contain 2 to 3 % of an additive such as silver. The melting point of low temperature solder is below 232°C, the melting point of tin.

with the piezoelectric oscillator unit having the structure as described above, the heat resistance is a very important requirement depending on applications. For example, in an application as an element of an SMD (surface-mounted device) on a circuit substrate, reflow of solder is done for the purpose of mounting after sealing. In such a case, it is required that the reflow can be done with possibility of neither gas-tightness failure of the seal portions nor melting of the mounted portion of the piezoelectric oscillator as a result of heating at 240°C for about 5 seconds (or at 260°C for 10 seconds or above). The low temperature solder may be used relatively safely for these portions because the cap provides enough mechanical tightening effect for the seal portions to maintain gas tightness so long as the reflow condition is a relatively low temperature or a relatively short period of time. The reflow condition of a relatively low temperature or a relatively short period of time, however, may not effect fusion of the solder in the mounting portion due to the heat capacity thereof. In such a case, the low temperature solder is no longer safe or sufficient heat resistance may not be ensured, depending on the setting of reflow conditions

by the user.

In order to improve the heat resistance of the piezoelectric oscillator, the use high lead content solder has been proposed. For example, Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 64-68007 proposes the use of high temperature solder for both piezoelectric oscillator mount portion and plug/gap seal portions. According to this literature, by the term "high temperature solder" is meant solder with a melting point between 260 and 370°C and a Sn:Pb ratio of 1 : 9. Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 64-62909 proposes forming a lead type layer of a lead alloy only on the outer periphery of a metal ring constituting a plug and, if necessary, forming a silver plating layer on the lead type plating layer for suppressing generation of lead vapor during heating.

Another problem which should be taken into considerations is the shock resistance. Recently, quartz oscillators are finding increasingly extensive applications to portable telephone sets and other portable units to be held with a hand in use, and these applications are producing increasingly stringent market demand for the shock resistance. For example, a unit may need to withstand being dropped several times on a wood plate from a height of 100 to 150 cm.

Several proposals have also been made regarding shock resistance. Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 61-247775 proposes a technique wherein a quartz oscillator piece

is secured to and supported on a plug with a photo-sensitive adhesive with a Shore hardness of 90 or below in D scale. Japanese Laid-Open Patent Publication No. Hei 4-78211 proposes mounting additional leads of a material with a Young's modulus of 5.0×10 GPa or below to short inner leads and bonding a quartz oscillator piece to the other ends of the additional leads. In an embodiment of this invention, the additional leads are formed from a solder with a Young's modulus of 1.95×10 GPa and have a short plate-like shape. Japanese Patent Publication No. Hei 7-14132 proposes bonding and securing quartz oscillator electrodes and lead conductor supports leading to external circuitry an adhesive, which contains epoxy resin, polybutadiene resin, petroleum type resin and conductive particles and is flexible.

In many cases where the shock resistance requirement is not so stringent, low temperature solder paste is used to support the piezoelectric oscillator. In such cases, by fast heating to secure the piezoelectric oscillator to the plug, very small solder particles called solder balls or solder spatter are spattered and remain inside the casing or attached to the piezoelectric oscillator, giving rise to yield reduction problems such as defective CI (crystal impedance) and defective oscillation at low drive levels.

Specific problems posed in the above described art will now be considered. According to the techniques proposed in Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 64-68007 and Japanese

Laid-Open Patent Publication No. Sho 64-62909, the plug outer periphery metal ring and the lead portions extending to the inside and outside of the gas-tight sealer casing (hereinafter referred to as inner and outer leads, respectively) are plated with high temperature solder by plating in the usual manner. Alloys with high lead contents tend to form a strong oxide film on their surface, making it difficult to obtain soldering when mounting the piezoelectric oscillator on an external circuitry substrate. This is so because the soldering has to be carried out at such a low temperature as to cause no damage to other parts using low temperature solder. For this reason, the outer leads should be stripped off the high temperature solder and dipped in a low temperature solder bath, thus increasing the number of steps and cost of manufacture. Also, the solder layer formed by the dipping lacks uniformity in thickness, possibly making it difficult to bend the outer leads and deteriorating the mounting property due to fluctuations of its amount. The outer leads are bent when surface mounting the piezoelectric oscillator. When surface mounting the piezoelectric oscillator, the peripheral surface of the cap and the ends of the outer leads should be held in close contact with circuitry substrate surface. To attain this, the outer leads should be bent just like a crankshaft such that their height is aligned to the peripheral surface of the cap.

Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 64-62909, teaches that high lead content alloys generate lead vapor when

heated, and that by carrying out reflow when mounting the piezoelectric oscillator, lead is attached thereto achieve a frequency shift. In this connection, the literature teaches that it is inevitable to adopt a partial plating process taking a large number of steps in order to prevent the high temperature solder from attaching to other portions of the plug outer periphery and the cap inner periphery than the pressure fitting portions. However, we have a different opinion in this respect, that is, lead generates only a negligible amount of vapor because the partial vapor pressure of lead is very low at, for instance, 150°C. Although the vapor pressure is slightly higher at 260°C, it poses substantially no problem, because the heating is completed in a short period of time. Thus, substantially no problem arises unless the low temperature solder inside the casing is fused (particularly in large surface area portions) after sealing.

Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 64-62909 also teaches that silver plating the surface layer improves the soldering property. However, since silver is expensive, it is usually layered to only a very small thickness (i.e., flush plating or the order of 0.1 to 0.2 μm). Therefore, in a bent lead portion the silver layer is broken to expose the underlying high temperature solder and deteriorate the soldering property. Once the piezoelectric oscillator is mounted, silver is lost in the substrate solder, thus disabling the remounting, that is, making it impossible to reuse parts recovered from external circuitry

substrates no longer used.

Regarding the shock resistance improvement, the adhesives used in the techniques proposed in Japanese Laid-Open Patent Publication No. Sho 61-247775 and Japanese Patent Publication No. Hei 7-14132, have problems related to control, hardening, step and reliability. For example, although solder mounting can be made such that fused solder is spread to accurately follow the piezoelectric oscillator surface electrode pattern shape, the spreading of non-hardened, i.e., liquid-phase, adhesive can not be regulated, thus giving rise to fluctuations of the bonding position and causing fluctuations of the CI and the bonding strength. According to the techniques proposed in Japanese Laid-Open Patent Publication No. Hei 4-76211, the mounting of the piezoelectric oscillator by the agency of the small-size additional leads, increased the length of the leads and the total length of the piezoelectric oscillator. Besides, the bonding two different kinds of leads is very inferior in operation control property, and not suited for mass production.

DISCLOSURE OF THE INVENTION

It is an object of the present invention to provide a piezoelectric oscillator unit which can solve the problems discussed above, that is, which can harmonize opposite performances at high level and realizes improvement in the heat resistance and shock resistance while taking the mounting property

and mass production property into considerations.

To attain the above object, one form of the piezoelectric oscillator unit according to the present invention comprises a piezoelectric oscillator, a cap having a substantially
5 cylindrical shape open at one end, for accommodating the piezoelectric oscillator, a gas-tight sealer terminal sealing the open end of the cap and forming a gas-tight sealing together with the cap, the gas-tight sealer terminal including a plug having substantially the same cross-sectional profile as the inner
10 diameter of the open end of the cap, and a plurality of leads penetrating the plug, and supports formed from solder with a lead content between 85 and 98 percent by weight, for bonding and securing the piezoelectric oscillator to inner leads as portions of the leads extending into the gas-tight sealer terminal.

15 With this construction, the piezoelectric oscillator is supported by the supports formed from solder with a high lead content, i.e., soft solder. Since the supports are soft, when the piezoelectric oscillator experiences an external force, the supports can flex and disperse the stress. Thus, stress
20 concentration on the piezoelectric oscillator can be suppressed to improve the shock resistance. In addition, since the solder with the above lead content belongs to the high temperature solder and has a high melting point, it reliably supports the piezoelectric oscillator even under a high temperature condition.

25 The leads comprise a first layer formed from solder with a

lead content of 60 percent by weight or less (i.e., low temperature solder) or from tin or a tin alloy, on them, particularly on their portions extending from the plug. The low temperature solder or the like has good wetting property. Thus, the solder supplied
5 for mounting the unit or surface mounting the piezoelectric oscillator becomes very intimate with the lead surface, and permits reliable soldering. In addition, this type is inexpensive, and it is thus possible to form the first layer with a sufficient thickness, for instance 5 to 10 μm , so that the first layer thus
10 formed is not broken when the leads are bent, which also helps insure reliable soldering.

The plug has a second layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or less (i.e., low temperature solder) or from tin or a tin alloy, on it. The second layer is
15 preferably formed simultaneously with the first layer.

The plug may further have a third layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying the first layer. This third layer ensures freedom from rupture of the gas tightness of the piezoelectric oscillator. For example,
20 it is possible to sufficiently withstand heating by the reflow of solder when mounting the piezoelectric oscillator. In addition, when pressure fitting the plug in the pen end of the cap, the soft, high temperature solder is deformed and acts to fill the play, thus permitting reliable sealing. Particularly when pressure
25 fitting the plug in the cap, the first layer is partly ground off.

Thus, the heat resistance is not substantially reduced by the first layer of the low temperature solder.

The leads preferably have a fourth layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying the second layer. Again the fourth layer is preferably formed simultaneously with the third layer.

Another form of the piezoelectric oscillator unit according to the present invention comprises a piezoelectric oscillator, a cap having a substantially cylindrical shape open at one end for accommodating the piezoelectric oscillator, a gas-tight sealer terminal sealing the open end of the cap and forming a gas-tight casing together with the cap, the gas-tight terminal including a plug having substantially the same cross-sectional profile as the inner diameter of the open end of the cap and having a layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, on a portion in contact with the inner surface of the open end of the cap, and a plurality of leads penetrating the plug having a layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or a tin alloy, on portions extending from the plug, and supports formed from solder with a lead content between 85 and 98 percent by weight, for bonding and securing the piezoelectric oscillator to inner portions of the leads extending into the gas-tight casing.

With this construction, the piezoelectric oscillator is supported by the supports formed from solder with a high lead

content, i.e., soft solder. Since the supports are soft, when the piezoelectric oscillator experiences an external force, the supports can flex and disperse stress. Thus, the stress concentration on the piezoelectric oscillator can be reduced to
5 thereby improve the shock resistance. In addition, since the solder with the above lead content belongs to high temperature solder and has a high melting point, it reliably supports the piezoelectric oscillator even under a high temperature condition.

Furthermore, the layer formed from solder with a lead content
10 of more than 60 percent by weight, i.e., high temperature solder, on a portion of the plug in contact with the inner periphery of the open end of the cap, ensures freedom from destruction of the gas tightness of the piezoelectric oscillator even under a high temperature condition. For example, it is possible to
15 sufficiently withstand heating by the reflow of solder when mounting the piezoelectric oscillator. In addition, when pressure fitting the plug in the open end of the cap, the soft, high temperature solder is deformed and acts to fill the play, thus permitting reliable sealing.

20 Moreover, the leads have a layer of low temperature solder or the like formed on them, particularly on their portions extending from the plug. Since low temperature solder or the like has good wetting property, the solder supplied from mounting or surface mounting the piezoelectric oscillator becomes intimate
25 with the lead surface very well, and permits reliable soldering.

In addition, the solder is usually an inexpensive material, and it is thus possible to form the first layer from the low temperature solder, for instance, with a sufficient thickness, for instance 5 to 6 μ m. The first layer thus formed is not broken when the leads are bent, and guarantees reliable soldering in this respect as well.

The tin alloy noted above may contain 3 % or less, and preferably 2 to 3 % silver.

The supports may substantially cover the inner leads and have extensions extending from ends of the leads toward the gravitational center of the piezoelectric oscillator and having a length greater than one half the diameter of the leads. In such form, the supports can reliably secure the piezoelectric oscillator.

where the plug has a high temperature solder layer such as the third layer noted above formed on it, the cap may be formed from a relatively hard metal, such as a copper-nickel alloy, because the high temperature solder is soft and becomes very intimate with the cap, even though the cap is hard. Copper-nickel layer has high heat resistance and is suitable from the standpoint of the heat resistance improvement of the piezoelectric oscillator. It is also suitable to form the cap from a metal other than copper-nickel type alloys and form a nickel layer on the surface of such cap body.

A further form of the present invention is a gas-tight sealer

terminal having a substantially cylindrical shape open at one end and sealing an open end of a cap accommodating an electric element, the gas-tight sealer terminal comprising a plug having substantially the same cross-sectional profile as the inner diameter of the open end of the cap and having a first layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or a tin alloy, on a portion in contact with the inner surface of the end of the cap, and a plurality of leads penetrating the plug and having a second layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or a tin alloy on portions extending from the plug, the plug having a third layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying the first layer, the leads having a fourth layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying the second layer.

A still further form of the present invention is a method of manufacturing a piezoelectric oscillator unit having a piezoelectric oscillator accommodated in a gas-tight casing formed by a cap and a gas-tight sealer terminal, comprising the steps of securing the piezoelectric oscillator to the gas-tight sealer terminal by coupling leads of the gas-tight sealer terminal and electrode films of the piezoelectric oscillator to one another with solder with a lead content of 88 percent by weight or more, supplied to between the leads and the electrode films, and accommodating the piezoelectric oscillator in the cap and sealing

the cap with the gas-tight sealer terminal. With this lead content, it is possible to ensure a lead content of 85% after the securing of the piezoelectric oscillator, even in a case where the leads are plated with low lead content solder.

5 It is possible to provide, prior to the step of securing the piezoelectric oscillator, a step of plating the leads with solder with a lead content of more than 60 percent by weight.

10 It is also possible to provide, prior to the step of securing the piezoelectric oscillator, a first plating step of plating the gas-tight sealer terminal with solder with a lead content of 60 percent by weight or less, and a subsequent second plating step of plating the gas-tight sealer terminal with solder with a lead content of more than 60 percent by weight.

15 In the step of securing the piezoelectric oscillator, the leads and the electrode films are coupled to one another by supplying solder with a lead content between 85 and 98 percent by weight.

20 The step of securing the piezoelectric oscillator may be carried out such that the volume of the solder coupling the leads and the electrode films to one another is more than twice the volume of the solder plating portions of the leads inside the gas-tight sealer casing. With this volume ratio, it is possible to ensure a lead content of 85 % after the securing of the piezoelectric oscillator, even in a case where the leads, are for instance,
25 plated with low lead content solder.

The step of securing the piezoelectric oscillator may also be carried out such that the volume of the solder coupling the leads and the electrode films to one another is above the volume of portions of the leads within the gas-tight casing. With this
5 volume arrangement, it is possible to reliably secure the piezoelectric oscillator.

It is further possible to provide, prior to the step of securing the piezoelectric oscillator, a heat treatment step carried out at a temperature between 80 and 140°C for a period
10 between 1 and 5 days. By this step, quartz grains of the solder of the supports supporting the piezoelectric oscillator are grown to reduce the Young's modulus of these supports. These supports thus become softer and more able to disperse stress.

15 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is an exploded perspective view showing an embodiment of the present invention;

Fig. 2 is a fragmentary enlarged-scale front view, partly in section, showing a support 26;

20 Fig. 3 is a fragmentary enlarged-scale side view, partly in section, showing supports 26;

Fig. 4 is a sectional view showing the supports 26;

Fig. 5 is a view showing a model for describing behavior of a piezoelectric oscillator unit due to a falling shock exerted
25 thereto;

Fig. 6 is a fragmentary sectional view for describing the stressed status of solder edges;

Fig. 7 is a graph showing the relationship among the composition, temperature and tensile strength of solder;

5 Fig. 8 is a binary diagram of tin-lead alloy;

Fig. 9 is a view showing an essential part of a second embodiment of the present invention; and

Fig. 10 is a view showing an essential part of a third embodiment of the present invention.

10

BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

Embodiments of the present invention will now be described with reference to the drawings. Fig. 1 is a perspective view showing the structure of a first embodiment of the present invention. Reference numeral 10 designates a terminal base, which includes a substantially cylindrical plug 12 and two leads 14 penetrating the plug 12 in axial direction thereof. The plug 12 includes a substantially cylindrical sealing glass body 16 and a metal ring 18 of Kovar provided on the outer periphery of the periphery of the glass body 16. The two Leads 14 penetrating the sealing glass body 16 have inner and outer leads 20 and 22 extending from the glass body 16. The inner leads 20 of the leads 14 extend into the inside of a gas-tight casing. In Fig. 1, the inner leads 20 project upward from the plug 12. The inner leads 20 project for a small length; in this embodiment the projection length is

15

20

25

0.3 mm which is the diameter of the leads 14. The outer leads of the leads 14 extend to the outside of the gas-tight casing. In Fig. 1, the outer leads 22 project downward from the plug 12. The outer leads 22 are bent like a crank, and are thus suitable for surface mounting.

Reference numeral 24 designates a piezoelectric oscillator, which is a convex type quartz oscillator having oscillation electrode films (not shown) formed on its front and rear surfaces. The piezoelectric oscillator 24 may not be of the convex type; for instance, it is possible to use a rectangular AT cut. The piezoelectric oscillator 24 is disposed between the two inner leads 20 with its long axis aligned to the axis of the plug 12. The two inner leads 20 are coupled by supports 26 formed from solder to one end of the oscillation electrode films provided on the front and rear surfaces of the piezoelectric oscillation 24.

Reference numeral 28 designates a cap having a substantially cylindrical shape open at one end. The open end of the cap 28 has an inner diameter slightly smaller than the outer periphery of the plug 12. The cap 28 covers on the piezoelectric oscillator 24 and is fitted on the plug 12 from above in Fig. 1 in vacuum. The cap 28 is pressure fitted on the plug 12 to be sealed thereby with its inside in vacuum. Thus, the gas-tight casing is formed.

Figs. 2 to 4 show details of coupled portions of the piezoelectric oscillator 24 and the terminal base 10 in this embodiment. Since the piezoelectric oscillator 24 in this

embodiment of the piezoelectric oscillator unit is cantilever supported as shown in, for instance, Fig. 1, when an external force tending to bend it is exerted to it, stress is concentrated in the stem of its supported portion. Therefore, when an excessive external force is exerted to it, such as by dropping, the piezoelectric oscillator 24 is broken at a position shown by chain line F in Fig. 3. In order to prevent such breakage, in this embodiment the supports 26 are formed from a soft material, i.e., a material with a low Young's modulus, so that the supports 26 can disperse stress. Specifically, they are preferably formed from high temperature solder with a lead content between 85 and 95 percent by weight (hereinafter referred to as wt. %, preferably 90 wt. % or more, the remainder being tin. with high lead content, the material is soft, and can disperse stress.

The surface of the terminal base 10, i.e., the surfaces of the metal ring 18 of the plug 12 and the leads 14, is first plated with a solder layer 30 with a thickness of about $15\mu\text{m}$. The solder layer 30 is suitably formed from low temperature solder with a lead content of 60 wt. % or less, preferably about 40 wt. % or less which is a composition near the eutectic point. The solder layer 30 may also be a layer plated with tin containing no lead or a tin alloy slightly containing silver.

With a lead content in excess of 40 wt. %, such drawbacks as unsatisfactory soldering property, damage readily caused because the solder is soft, an aesthetically unpleasant blackish color,

difficulty plating liquid composition management, etc. become pronounced.

The soldering of the supports is done as follows. The terminal base 12 having been plated with low temperature solder (i.e., eutectic solder) is set upright on a processing table. Then, a metal screen which has holes corresponding to the heads of the inner leads 20 so that paste can be applied only to the areas in the holes is overlapped over the terminal base 20. Next, a solder paste having a desired viscosity which has been prepared by kneading together fine spherical particles of high temperature solder and a rosin type flux is applied by printing to the terminal base 12. Thus, the paste is attached in adequate amounts around the inner leads 20. There after, the piezoelectric oscillator 24 is inserted into the space between the inner leads 20 such that its electrode films touch and are wetted by paste droplets. The system in this state is then passed through a reflow furnace at a temperature above the melting point of the high temperature solder. In this way, the connection of the electrode films of the piezoelectric oscillator 24 to the solder and the support and securing of the piezoelectric oscillator are completed. In this state, the lower end of the piezoelectric oscillator 24 is substantially in contact with the top surface of the terminal base 12. Thus, the completed piezoelectric oscillator unit may have small length, that is, its size reduction may be attained. In addition, no gap permitting solder balls to leave is produced.

So long as the amount of paste is adequately controlled, the supports 26 fill the gaps between the inner leads 20 and the electrode films of the piezoelectric oscillator 24, and extend with gradually reducing thickness side from the opposite sides of the inner leads 20 and also upward from the end thereof until they reach the surfaces of the piezoelectric oscillator 24. Thus, the supports have a shape like a hill or mountain. The high temperature solder used in this embodiment is an alloy with a lead content of 90 wt. % or above, the remainder being mainly tin, possibly slightly containing silver. As described before, the inner leads 20 are preliminarily placed with a solder layer 30 of low temperature solder with a lead content of 60 wt. % or below. The volume of the supports 26 is set to at least double, and preferably 5 to 10 times or more, the volume of the inner leads 20, i.e., (surface area of the inner lead 20) by (plating thickness). By so doing, when the low temperature solder preliminarily plated on the inner leads 20 is dissolved in the supports 26, the final composition would have sufficiently high lead content. Desirably, the supports 26 have more volume than the inner leads 20, and their skirt parts extend from the end of the inner leads 20 toward the gravitational center G of the piezoelectric oscillator 24 at least by more than one half of either the diameter, the width or the length of the inner leads 20. These extensions would protect the piezoelectric oscillator 24 by undergoing adequate deformation when a shock is exerted to the piezoelectric oscillator 24. It

is thus possible, by setting the final composition of the solder constitution the supports 26 such as to have a high lead content as above, to hold the Young's modulus of the solder within a low value. The Young's modulus tends to be lower when the lead content is higher.

After sealing the cap 28 by pressure fitting the terminal base 10 therein, the system is heat treated. The heat treatment is carried out by heating the system at 80 to 140°C for 1 to 5 days. In the heat treatment, not only the inner surface of the cap 28 is held in close contact with the solder layer 30, i.e., the soft metal surface layer of the terminal base 10, and mechanically maintains gas tightness, but also copper and nickel as components of the cap 28 are partly alloyed by mutual diffusion with lead and tin in the terminal base side. Thus, the liquid phase line is raised, reflow in the SMD mounting is avoided, and a more reliable seal is obtained.

The low temperature solder plating the metal ring 18 is mostly present on the outer periphery, i.e., the surface of pressure fitting seal with the cap 28. In this portion, a great enough amount of gas as to deteriorate the performance is not generated, even when heating to the melting point, so long as the heating is done for a short period of time, and the seal is held without loosening owing to tightening effect of the cap 28. The low temperature solder plating a ring-like inner surface adjacent to the open cap end is exposed to the inside of the casing. However,

the exposed solder area is very slight, and fusion of this solder, if any, would give rise to no substantial adverse effects of gas generation. The low temperature solder plating the inner leads 20 is dissolved in the high temperature solder of the supports 26 when mounting the piezoelectric oscillator 24. Although the supports 26 have a large surface area, they are not fused at the reflow temperature at the time of the mounting, and thus have no substantial adverse effects of gas generation. At the time of the mounting, the high temperature solder paste is thermally fused. However, with high temperature solder the generation of solder balls and solder spatters is very little compared to low temperature solder. Spatters, if any, quickly cool and do not readily attached to the quartz oscillator or the quartz oscillator unit casing inner surfaces.

The effects of the supports of solder on the shock resistance of the piezoelectric oscillator unit will now be considered. In a test of free falling of a cylindrical piezoelectric oscillator unit on a wood floor, the weakest state of the unit, i.e., the state in which the inner piezoelectric oscillator is most readily broken, upon collision of the unit with the floor, is thought to be, in the case where the piezoelectric oscillator is an AT cut, a posture that the main surface (i.e., plate surface) is horizontal, or a posture that the long side of the piezoelectric oscillator is slightly inclined downward toward the free end while the short side is horizontal. In the case where the piezoelectric

oscillator is a tuning-fork one, the state most readily subject to leg breakage upon collision, is thought to be a posture that the main surface (i.e., U-shaped surface) is substantially horizontal, or a posture that the main surface is vertical while the longitudinal axis (i.e., symmetry line) is horizontal or slightly inclined downward. The buffering effect of the supports, in the embodiment using the rectangular AT cut oscillator, will now be considered numerically by taking two examples of solder, different in composition and in Young's modulus.

Referring to Figs. 2 to 4, the supports 26 as shown have an ideal shape. Actually, the supports 26 are slightly rounded instead of being sharply frustum of pyramid as shown. Their plan shape is considerably accurate, because they follow the deposited electrode patterns formed on the surface of the piezoelectric oscillator 24. Their sectional shape is slightly irregular depending on the solder paste amount. The supports 26 have a shape such that they enclose inner leads 20 which are substantially in contact with the piezoelectric oscillator 24, and extend in a skirting fashion with reducing thickness from an apex side spaced apart from the piezoelectric oscillator 24 to terminate in the same. The piezoelectric oscillator 24 thus have its opposite sides supported by the supports 26. The piezoelectric oscillator 24 is consists of three successive sections A, B and C in dependence on its dynamic character, particularly rigidity, from its end adjacent the terminal base 10 toward its gravitational center G

(or centroid). The section A extends up to a position corresponding to the end of the inner leads 20, and acts as a rigid portion. The section B corresponds to the skirting solder portions, and is of varying rigidity. This section has portions which are considerably lower in rigidity than the section A and are somewhat elastic to provide buffering action against a force or a moment due to a shock tending to cause flexing of the piezoelectric oscillator 24 in directions 8 perpendicular to the quartz plate surface. The section C provides a spring character with flexing of the quartz plate itself caused by the momentum of the total mass of the piezoelectric oscillator 24. In the following consideration, the total mass of the piezoelectric oscillator is regarded to be concentrated on its gravitational center, and the other portions of the piezoelectric oscillator than the gravitational center is ignored.

In this embodiment, the diameter of the inner leads 20 is about 0.3 mm, the length of the sections A and B is 0.25 mm, and the length of the section C up to the gravitational center of the piezoelectric oscillator 24 is 2.5 mm. The frequency is 8 MHz, the total length of the piezoelectric oscillator 24 is 6 mm, and the width thereof is 1.6 mm. It is assumed that the maximum thickness of the piezoelectric oscillator 24 at the center (i.e., gravitational center G) thereof is 0.212 mm, the thickness of the opposite ends is 0.123 mm, and the thickness at the interface between the sections B and C is 0.150 mm. It is also assumed that

the opposite side surfaces are cylindrical surfaces drawn by a quadratic curve with the apex at the center.

The thickness y of the piezoelectric oscillator 24 is given as

5 $2d = y = -0.00992 \times (-3)^2 + 0.212 \text{ (mm)} \dots (1)$

The volume of the piezoelectric oscillator 24 is calculated by integrating the above curve and multiplying the integral by the width, and it is 1.7494 mm^3 . Thus, assuming the density of the quartz to be 2.65 mg/mm^3 , the mass m is calculated to be $m = 4.636 \text{ mg}$. The quadratic moment I_q of the piezoelectric oscillator 24 in a given section thereof is

$I_q = bd^3/12 \text{ (mm}^4\text{)} \dots (2)$

Fig. 4 is a section taken along line IV-IV in Fig. 2, i.e., a section of the supports 26 and the piezoelectric oscillator 24, i.e., the section B thereof, in this embodiment. It is assumed that the section B undergoes bending deformation about a neutral plane 32, which passes through the center of the piezoelectric oscillator 24 in the thickness thereof. Strictly speaking, this assumption is not accurate since the supports 26 are not symmetrical in position and shape with respect to the neutral plane 32, but it is made for the sake of the convenience of calculation. As other dimensions used for the calculation, the width of a calculation error is small with the foot where the solder has a small thickness and spring effects are realized the apex of the supports 26 is $a = 0.1 \text{ mm}$, the width c of the skirts is $c = 1 \text{ mm}$,

and the width b of the piezoelectric oscillator 24 is $b = 1.6$ mm (as noted before). The half thickness of the piezoelectric oscillator 24 is denoted by d (m), the width of the upper side of the solder section by z , and the distance thereof from the neutral plane by e . It is further assumed that z varies linearly between a and c along the skirts of solder. This line passes through the secured end of the piezoelectric oscillator 24. The quadratic moment I_s of the supports 26 on both sides of the piezoelectric oscillator 24, in a given section of the section B, is given as

$$I_s = 2 \int_d^e y^2 z dy$$

$$\frac{[c(3d^4 - 4d^3e + e^4) + z(3e^4 - 4e^3d + d^4)]}{6(e - d)} \quad (\text{mm}^4)$$

... (3)

In the section B, the section from $x = 0.25$ mm to $x = 0.5$ mm is uniformly divided into five divisions to take the six cross sections, and d , I_q and I_s are obtained for each cross section using the equations (1) to (3). The Young's modulus of quartz is denoted by E_q , the Young's modulus of the low temperature solder, for example one with a tin content of 96 % and a lead content of

0.05 %, is denoted by E_{s1} , and the Young's modulus of the high temperature solder, for instance one with a lead content of 89.5 % and a tin content of 8 %, is denoted by E_{s2} . These values are $E_q = 73.0 \text{ GPa}$ (i.e., $7,454 \text{ kgf/mm}^2$), $E_{s1} = 42.1 \text{ GPa}$ (i.e., $4,300 \text{ kgf/mm}^2$) and $E_{s2} = 15.7 \text{ GPa}$ (i.e., $1,600 \text{ kgf/mm}^2$). I_q and I_s for each cross section are multiplied by these values. Among the subscripts, q represents quartz, s represents support, 1 represents low temperature solder, and 2 represents high temperature solder. The gravitational center position G of the piezoelectric oscillator 24 is multiplied by virtual load w of w of 9.8 N (i.e., 1 kgf) applied to it in a direction perpendicular to the quartz plate surface. (It is assumed that the crystal oscillator and the support system undergo displacement in proportion to the load, and are not ruptured.) The bending moment acted on a cross section under consideration due to the load is denoted by M . The skirt section B of solder is as short as 0.25 mm and as far as about 2.5 mm away from the gravitational center of the quartz oscillator. It is thus assumed that the bending moment M acting on the section B is substantially uniform and $M = 24.5 \text{ N mm}$ (i.e., $2.5 \text{ kgf}\cdot\text{mm}$).

Thus, $1/\rho = di/dx$ in a certain cross section is

$$1/\rho = di/dx = M/(E_q I_q + E_{s1} I_s) \quad \dots (4)$$

where ρ is the radius (mm) of curvature of the bending flexing of the neutral plane, and i is the flexing angle (rad.) The total flexing angle is of the section B thus can be obtained by

integrating the flexing angle from start point $x = 0.25$ to point $x = 0.5$ of the section B. The integral may be obtained by integrating the values given by the equation (4) in the individual cross sections. The detailed process of calculation is not described. The result of calculation is $\theta_1 = 0.04543$ (rad.) with low temperature solder and $\theta_2 = 0.07356$ (rad.) with high temperature solder. The displacement δ of the gravitational center of the piezoelectric oscillator caused by the flexing, is obtained by multiplying the flexing angle by the distance $l = 2.5$ mm from the gravitational center, and is $\delta_1 = 0.11358$ (mm) with low temperature solder and $\delta_2 = 0.18390$ (mm) with high temperature solder. It was found that as the spring character of the section B of the supports of solder, the spring constant concerning the gravitational center of the piezoelectric oscillator 24 is $k_{s1} = 86.3$ N/mm (i.e., 8.8044 kgf/mm) with low temperature solder and $k_{s2} = 53.3$ N/mm (i.e., 5.4377 kgf/mm). The Young's modulus of the high temperature solder is only about 37.2 % that of the low temperature solder. Although excellent buffering property improvement with the high temperature solder could thus be expected, in the actual spring constants of the support system, the Young's modulus ratio of the supports was 61.8 % or larger. This large ratio is due to the fact that the effect of the high temperature solder over the low temperature solder is made less pronounced by the high Young's modulus quartz intervening as a core between the front and rear solder pieces.

The piezoelectric oscillator itself also has an effect of a buffering spring. The spring constant K_q of this buffering spring is approximately the ratio between the load w of $w = 9.8 \text{ N}$ (i.e., 1 kgf), applied to the gravitational center G of the piezoelectric oscillator in a direction perpendicular to the quartz plate surface, and the displacement of the gravitational center G , caused by consequent bending flexing of the piezoelectric oscillator. The bending flexing may be considered to be contributed by a portion of the section C in Fig. 2 from the end thereof adjacent the section B to the gravitational center. This portion is a cantilever beam of homogenous material but with varying cross-sectional thickness, with the load w acting on its free end. Since this portion is not uniform in cross section, like the above case of obtaining the flexing of the section B , several equidistant sections are taken in the longitudinal direction of the cantilever beam of quartz, and the quadratic moment I_q in each cross section due to the load w and also the bending moment M (being assumed to be uniform in intermediate part of cross section) are obtained. Then, assuming the Young's modulus E_q of quartz to be $E_q = 73.0 \text{ GPa}$ (i.e., 7,454 kgf/mm²), the contribution of the displacement of the gravitational center G to the flexing of each section is obtained using the equation (4) by ignoring the solder material term $E_s I_s$. By summing up these contributions, the displacement q of the gravitational center G of the quartz oscillator due to the overall section C thereof

of $q = 1,1948 \text{ mm}$ is obtained, along with the spring constant K_q of $K_q = 8.20 \text{ N/mm}$ (i.e., 0.8370 kgf/mm).

Fig. 5 is a view showing a model for describing the behavior of a piezoelectric oscillator unit due to a falling shock exerted thereto. The relationship among K_q , K_s and m obtained as in the above and shock resistance, which is the magnitude of stress generated in the quartz oscillator due to a shock exerted thereto, will be described in the following. Referring to Fig. 5, inside the cap 28 of the piezoelectric oscillator unit a spring (with spring constant K_s) which is equivalent to a support spring with one end thereof secured to the casing, and a spring (with spring constant K_q) which is equivalent to the quartz oscillator connected to the other end of the support spring, are provided. Equivalent mass m at the gravitational center of the quartz oscillator is suspended from the other end of the series springs. Denoting the resultant spring constant of the series springs with the spring constants K_s and K_q by K , we have

$$1/K = 1/K_q + 1/K_s \text{ or } K = K_q K_s / (K_q + K_s) \quad \dots (5)$$

It is assumed that that this piezoelectric oscillator unit model falls onto a wood plate 34 from a height h in the worst way. In each part of the piezoelectric oscillator unit, position energy corresponding to the height h is changed to kinetic energy corresponding to a collision speed v right before the collision. Upon colliding with the plate, the casing is stopped, but the inner piezoelectric oscillator equivalent mass m continues inertial

motion. Thus, the spring K is elongated by s just enough to absorb the kinetic energy of the mass m. When the casing is not stopped by rebounding, the energy to be absorbed by the spring is kinetic energy corresponding to the sum of absolute values of the collision speed and the rebound speed or position energy corresponding to the sum of the fall height and the rebound height. In this case, however, the model and the phenomenon are essentially the same. For the sake of brevity, the following description is made under an assumption that the casing is stopped after the collision. The energy U to be absorbed by the spring K is given as

$$U = mgh = (1/2)mv^2 = (1/2)Ks^2 \quad \dots (6)$$

where g is the gravitational acceleration and $g = 980 \text{ cm/s}^2$.

The following calculation concerning the model shown in Fig. 5 is given to quantitatively show the fact that, while fixed kinetic energy of the piezoelectric oscillator due to the falling thereof is absorbed such that it is shared between K_q and K_s , if the spring constant K_s of the support spring is somewhat lower, greater reduction of the energy absorbed with the equivalent spring constant K_q of the piezoelectric oscillator is obtainable, reducing the stress tending to break the oscillator.

From the equation (6) the collision speed v and the maximum gravitational center displacement s are given as

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{or} \quad s = \sqrt{m/Kv} \quad \dots (7)$$

The force f generated at the gravitational center position by the displacement s, the moment M acting on the breakage section (as

shown by the phantom line in Fig. 3) of quartz due to the force f , and the maximum stress generated in the breakage section of quartz by the momentum M are given as

$$f = Ks, M = f1, \sigma = M/Z \text{ and } Z = by^2/6 \dots (8)$$

where Z is the commonly called section coefficient. In the breakage section of the AT cut plate at 8 MHz in this embodiment, $Z = 0.006 \text{ mm}^3$, if $y = 0.150 \text{ mm}$. Results of substitution of specific numerical values in this embodiment in the case of $m = 4.636 \text{ mg}$ and $h = 100 \text{ cm}$ are shown below. Subscripts 1 and 2 represent the low and high temperature solder as before.

$$U = 4.54 \times 10^{-5} \text{ J (i.e., 454.29 ergs)}$$

$$v = 442.7 \text{ cm/s}$$

$$K1 = 7.49 \text{ N/mm (i.e., 0.76434 kgf/mm)}$$

$$K2 = 7.11 \text{ N/mm (i.e., 0.72535 kgf/mm)}$$

$$s1 = 0.11018 \text{ mm}$$

$$s2 = 0.11311 \text{ mm}$$

$$f1 = 0.825 \text{ N (i.e., 0.084215 kgf)}$$

$$f2 = 0.804 \text{ N (i.e., 0.082044 kgf)}$$

$$M1 = 2.06 \text{ N mm (i.e., 0.2106 kgf}\cdot\text{mm)}$$

$$M2 = 2.01 \text{ N mm (i.e., 0.2052 kgf}\cdot\text{mm)}$$

$$\sigma 1 = 344 \text{ MPa (i.e., 35.10 kgf/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma 2 = 335 \text{ MPa (i.e., 34.18 kgf/mm}^2\text{)}$$

Numerical values of the above necessary calculation results obtained with examples of solder material will now be considered by comparison. As described before, the Young's modulus

difference K_{s2}/K_{s1} between low and high temperature solder materials used for the supports (i.e., section B in Fig. 3) was intrinsically large, it is reduced to about 61.8 % due to the presence of the hard quartz core material. K_1 and K_2 were found to be even closer, that is, $K_2/K_1 = 94.9$ % because it is normally easier to bend long plates and difficult to bend short plates, although this depends on the form of action of the moment and the thickness of the cross section. Since the quartz plate is sufficiently long, its spring constant K_q is reduced (i.e., its compliance is increased). The section B in Fig. 2 is short and relatively highly rigid, and the numerical values of K_{s2} and K_{s1} are high. For this reason, the difference in the resultant spring constant K given by the equation (5) is further reduced. In the long run, the difference reduction is due to the fact that the ratio of the obtained displacement s , force f , bending moment M and stress between the two materials, is proportional or inversely proportional to K_2/K_1 . It is thought that the quartz is ruptured upon reaching of a rupture threshold by its stress. For this reason, the comparison of, for instance, stress between different solder materials should be an index of evaluation of the final shock resistance. From the results obtained, we had $\sigma_2/\sigma_1 = 97.4$ % and a stress ratio of about 2.6 %.

As is seen from the above calculated results, the stress can be reduced by several percent by using high lead content solder. The calculated bending stress of quartz in the case of a falling

height of 1 m or slightly above as a demand of the market, coincides fairly well with actual bending stress values, obtained by applying static load to quartz oscillator in rupture experiments. This indicates adequacy of the consideration of the shock from the dynamics standpoint as described above. As long as the shock resistance of the piezoelectric oscillator is almost the market's greatest need, a stress improvement of even several percent greatly contributes to the reliability of the product, and is highly worthwhile in the industry.

Experiments conducted by the inventor's company showed that impact resistance property, which corresponded to a falling height of about 75 cm in the case of using high temperature solder, was greatly improved corresponding to a falling height of up to 1.2 or 1.5 m by using high temperature solder. Aside from the above calculation, the use of high lead content solder has two effects permitting great improvement of the shock resistance.

The first effect is based on the stress-strain characteristic of solder. In a tension test conducted on solder test pieces, the increment of the tensile stress is not substantially proportional to the elongation strain but is reduced monotonously with strain increase, thus drawing a curve resembling the positive part of a logarithmic curve. This shape indicates that the Young's modulus is lower when the strain is greater, and also indicates that the material probably has a hysteresis concerning the recurring deformation and is subject to high internal loss. The

Young's modulus used in the above calculation is a value obtained from the trend of a curve in a very initial stage of deformation, and from the above calculation it was found that with a strain of several percent, which is the maximum strain caused in the solder supports (section B) by a fall by 1 m, the mean Young's modulus is reduced to one half or less of the initial value. The reducing trend is similar with low temperature solder (close to tin) and high temperature solder. When the strain is high, the mean Young's modulus of high temperature solder is still considerably lower.

The second effect is attributable to the difference in the stress concentration effect. Fig. 6 is a sectional view showing the edge of skirt part of support 24 and a neighboring part of piezoelectric oscillator 24 in the unit embodying the invention. Reference numeral 38 designates stress distribution on both sides of the neutral plane 32 brought about by bending moment M in a cross section 36 perpendicular to the axis of the piezoelectric oscillator 24 at the skirt edge position. In many piezoelectric oscillators actually produced, the support 25 terminates sharply just like a dome, instead of having a skirt as shown in Fig. 6. In such a case, it is estimated that when the piezoelectric oscillator 24 is bent, the rigidity of the supports 26 causes stress concentration in the neighborhood of the oscillator surface at the corners, so that the stress in the cross section 36 is distributed such that it is actually more increased at the surface as shown by curved stress distribution, instead of linear stress

distribution 42 as shown by the straight line, which would be the case if the supports 26 were absent. The commonly used text "Mechanical Engineering Handbook" teaches that for a round rod with a step experiencing bending while being rotated, the limit fatigue (i.e., maximum stress not resulting in fatigue rupture with infinite times of recurrent load changes) is reduced due to stress concentration in the corners compared to the limit fatigue of a uniform diameter round rod equal in diameter to the small diameter portion of the round rod with step. This reduction factor exceeds 1.0, and reaches as high as 2.5 in the case where the corners have small radius of curvature and are sharp because, when bending is exerted, the maximum stress is actually increased with the above factor at the corners. Similar increase may be brought about by a single time of load application. The stress distribution as shown in Fig. 6 is can be presumed from the teachings of the above handbook.

This embodiment, however, is set apart in that the material is discontinuous, that is, a step shape is constituted by the different materials of solder and quartz, the hard quartz being wrapped in the soft solder. For this reason, the reduction factor may be less than the value calculated using the above handbook. It is supposed that the actual reduction factor may be the product of the reduction factor of 2.5 in the case of the homogenous material and the Young's modulus ratio E_s/E_q between solder and quartz (which is 0.577 with low temperature solder and 0.215 with

high temperature solder), but it may not be less than 1. Under this supposition, the product of the above reduction factor of 2.5 and the Young's modulus ratio of the low temperature solder is 1.44. This means stress is considerably increased. By using the high temperature solder, however, the reduction factor is 1 (this being made so since the product is $0.538 < 1$). This means zero stress concentration. In other words, the intrinsic mechanical strength of quartz can be fully exhibited, and marked improvement of effect is obtainable.

Adding the above information to the concept underlying the above calculation, leads to the following. With either low or high temperature solder, as deformation of the supports proceeds in the process of a shock, the Young's modulus is reduced to cause greater deformation than the above calculated value, thus reducing the equivalent spring constant K_s and the stress in quartz. With high lead content solder, however, it is expected that more strain is generated with deformation of the supports, causing greater reduction of the Young's modulus and increasing the final deformation, so that the ratio of the stress in quartz with respect to that in the case of low temperature solder is greater than the previous calculation result of 2.6 percent. Furthermore, in addition to the effect accompanying the Young's modulus reduction, a buffering effect will also be provided, which is attributable to dissipation of the elastic hysteresis, i.e., internal energy loss, of solder by converting part of the oscillation energy

generated by a shock to heat. Although quantitative difference of effect with different solder materials is not clear at present, it is supposed that greater effect is obtainable with high lead content solder, which is known as material capable of being readily
5 plastically deformed.

Example compositions and characteristics of the solder materials used according to the present invention will next be described in detailed. Fig. 7 is a graph showing the tensile strength plotted against the lead content by weight of solder,
10 with the temperature taken as the third parameter. Fig. 8 is a binary state diagram of tin-lead alloy. The low temperature solder for preliminarily plating the terminal base and leads of the piezoelectric oscillator unit, adequately has a composition such that its melting point (position of liquid phase line in Fig.
15 8) is about 232°C, i.e., the melting point of pure tin, or below, that is, has a lead content of 0 to 60 wt. %. However, alloys with lead contents of 40 to 80 wt. % are rather difficult to use. High temperature solder selectable for supporting the piezoelectric oscillator may contain up to 100 wt. % of lead, but
20 the lead content after the cooling is selected to about 85 to 79 wt. % by taking the fusing and blending, with high temperature solder, of low temperature solder plating the inner leads at the time of the mounting into considerations. The lower limit lead content of 85 wt. % is such that the solid phase line shown in
25 Fig. 8 is not below the melting point of pure tin. The upper limit

of 97 wt. % is set as such in order that the supports of the piezoelectric oscillator maintains certain mechanical strength even when heated after completion of the sealing.

Fig. 9 shows an essential part of a different embodiment of the present invention. In the description of this embodiment, parts like those in the preceding embodiment are designated by like reference numerals and not described. A feature of this embodiment resides in that a solder layer 46 of low temperature solder is provided on the cap 28 as well. The solder layer 46 is provided at least on the inner surface of an open end portion of the cap. For the remainder of the structure, the embodiment is the same as the previous embodiment.

By pressure fitting, the low temperature solder plating the metal ring 18 and that plating the inner surface of the cap 28 are brought into forced contact with each other and effect gas-tight sealing in cooperation with each other. The total thickness of the soft metal layers of solder is, for instance, about $15\mu\text{m}$, and this thickness can be shared, for instance in a fifty-to-fifty ratio, between the terminal base 10 and the cap 28. This means that the plating thickness of low temperature solder on the terminal base 10 may be several μm . Thus, the thickness of plating on the inner leads 20 may be substantially equally reduced. In other words, after the piezoelectric oscillator is mounted, the lead content in the supports 26 of high temperature solder is less reduced by the dissolving of low temperature solder

in the supports 26. The Young's modulus increase of the supports 26 thus can be held within less extent. However, if the piezoelectric oscillator unit is heated to a temperature above the melting point of the low temperature solder when mounting the piezoelectric oscillator on the circuitry substrate, although the sealing surfaces in forced contact with each other maintain gas tightness with the tightening effect irrespective of the fusing of solder, evaporation of low temperature solder remaining in the cap inner surface would result to deteriorate the characteristics of the piezoelectric oscillator unit. Therefore, a certain limit is imposed on the overall heat resistance of the structure according to the present invention. The structure, however, is considerably robust against the heating of the outer leads, because the heat conduction terminates in high temperature solder.

Fig. 10 shows an essential part of a further embodiment of the present invention. Again in the description of this embodiment, parts like those in the preceding embodiments are designated by like reference numerals and not described. A feature of this embodiment resides in that the terminal base is plated with two different solder layers. For the remainder of the structure, the embodiment is the same as the previous embodiments.

As is shown in the Figure, a first solder layer 50 of high temperature solder and a second solder layer 52 of low temperature solder are provided on the outer periphery of the metal ring 18

and exposed portions of the leads 14, i.e., the inner and outer leads 20 and 22. As described before, the high temperature solder is one with lead content of 60 wt. % or above. In this embodiment, the first solder layer 50 is formed from solder with a lead content of 90 wt. % or above. The plating thickness of the first solder layer 50 is about 9 to 15 μm . The second solder layer 52 of low temperature solder is formed to a thickness of about 3 to 5 μm on the first solder layer 50. The low temperature solder, as described above, is one with a lead content of 60 wt. % or below. The low temperature solder used in this embodiment has a lead content of about 40 wt. % or below, that is, it has a composition near the eutectic point. This composition is selected for such reasons as that solder with a lead content exceeding 40 wt. %, would have a soldering property, be soft and readily damaged, have a blackish color and be undesirable from an aesthetic standpoint, and would require stringent plating liquid composition control. It is suitable to form a copper plating layer to a thickness of 2 to 5 μm prior to the formation of the two solder layers 50 and 52 on the surface of the leads 14 and the metal ring 18. Doing so will improve the close contact between Kovar, i.e., the material of the leads 14 and the metal ring 18, and solder. It is also suitable to plate the surface of the first solder layer 50 with an intermediate layer of a metal with a higher melting point than lead, such as nickel, copper, gold, etc., to a thickness of about 1 μm . Doing so has an effect of preventing diffusion of lead from

the first solder layer 50 into the second solder layer 52.

As in the previous embodiments, the piezoelectric oscillator is secured by soldering to the inner leads. The soldering is made in a reflow furnace at a temperature of, for instance, 300°C. In the soldering, the high temperature solder plating the inner leads is fused to break the thin nickel film and be dissolved, together with outer low temperature solder, in the high temperature solder for the mounting, and these solder materials are cooled down and solidified together. In experiments, heat resistance improvement was recognized even when the final lead content of the supports is 77 wt. %, but for attaining improvement of both the heat resistance and the shock resistance, it is desirable to obtain a composition closer to the intrinsic high temperature solder composition (for instance containing 90 wt. % of lead, 8 wt. % of tin and 2 wt. % of silver). Owing to the composition of the first solder layer 50 on the inner leads, the lead content in the final composition of the solder mass is less reduced, so that it is possible to more readily attain the above object.

The terminal base 10 shown in Fig. 10 can find very extensive applications as gas-tight sealer terminal as sealing parts of electronic devices. That is, owing to the first solder layer 50 of high temperature solder, the terminal base is applicable to cases where high heat resistance is required. Of course the terminal base is applicable for general purposes.

In the above embodiments, the piezoelectric oscillator may

be of any other type, for instance tuning-fork piezoelectric oscillator, as well without substantial changes in the obtainable effects. In addition, the piezoelectric oscillator may be secured at both ends according to the internal structure. Furthermore,
5 the leads of the gas-tight sealer terminal may not be of the circular sectional profile. Still further, the inner leads may not be in the opposite sides of the piezoelectric oscillator, but may be disposed side by side on one side of the piezoelectric oscillator for supporting the piezoelectric oscillator via solder.
10 In this case, since the supports are provided on one side of the piezoelectric oscillator, the compliance can be reduced, thus providing more pronounced effect of using the high temperature solder. Still further, the terminal base of Kovar or the like may be preliminarily plated with a ground layer of copper or the
15 like before the plating with solder. Still further, the cap may be formed from materials more inexpensive than german silver, for instance iron, iron alloys, aluminum, aluminum alloys, copper, SUS and copper-nickel-tin alloys (with or without plating with nickel or like material).

20 As has been described above, the supports supporting the piezoelectric oscillator have a large volume, so that the lead content will be sufficient, thus providing such heat resistance that it can be mounted in SMD. In addition, the high lead content of the supports permits a great buffering effect to be obtained
25 by the overall action of the low Young's modulus, non-linear

reduction thereof, alleviation of the internal friction and stress concentration and so forth. A high degree of shock resistance thus could be obtained in the experimental data. This effect eliminated the positional deviation in the mounting using adhesive
5 for buffering in the prior art, and reduced fluctuations of C_I (equivalent resistance at the time of the resonance) and C_o (inter-electrode capacitance). Furthermore, unlike the prior art, no intermediate buffering part need be attached to the inner leads, so that it is possible to avoid complication of structure,
10 assembling cost increase, increase of the total length of the piezoelectric oscillator, remaining solder balls and so forth. Because high temperature solder is used for supporting the piezoelectric oscillator, spattering and attachment of solder can be eliminated.

15 Where the terminal base (i.e., gas-tight sealer terminal) is placed by two-layer plating with high temperature solder as an inner layer and low temperature solder as an upper layer, the structure could directly maintain satisfactory property of soldering the piezoelectric oscillator with the outer leads.

20 Unlike the prior art, it was possible to dispense with removal of plating layer of high lead content solder and preclude the difficulty of the process of bending leads and the re-mounting process in the prior art case, in which silver requiring high material cost is used to place surface (thinly). Furthermore,
25 it was possible to further improve the lead content of solder mass

by the dissolving of the plating solder of the inner leads in the mass. The two-layer plating may be carried out in a simple process with two plating baths disposed in series, and does not substantially lead to cost increase.

5 Moreover, where the inner surface of the cap is not plated with solder or like low melting point soft metal or plated with nothing, it is possible to practically eliminate generation of metal vapor from the inside of the piezoelectric oscillator unit when the same is heated, and thus realize a piezoelectric
10 oscillator unit having heat resistance suited for being mounted on an SMD.

CLAIMS:

1. A piezoelectric oscillator unit comprising:

a piezoelectric oscillator;

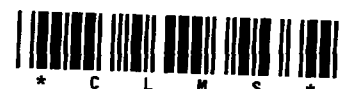
a cap having a substantially cylindrical shape open at one
5 end, for accommodating said piezoelectric oscillator;

a gas-tight sealer terminal sealing the open end of said cap
and forming a gas-tight casing together with said cap, said
gas-tight sealer terminal including a plug having substantially
the same cross-sectional profile as the inner diameter of the open
10 end of said cap and having a first layer formed from solder with
a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or a
tin alloy, on a portion in contact with the inner surface of the
open end of said cap, and a plurality of leads penetrating said
plug and having a second layer formed from solder with a lead
15 content of 60 percent by weight or less or from tin or a tin alloy,
on portions extending from the plug; and

supports formed from solder with a lead content between 85
and 98 percent by weight, for bonding and securing said
piezoelectric oscillator to inner leads as portions of said leads
20 extending into said gas-tight casing.

2. The piezoelectric oscillator unit according to claim 1,
wherein said plug further has a third layer formed from solder
with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying
said first layer.

25 3. The piezoelectric oscillator unit according to claim 2,



wherein said plug further has a fourth layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying the second layer on said leads.

4. A piezoelectric oscillator unit comprising:

5 a piezoelectric oscillator;

a cap having a substantially cylindrical shape open at one end, for accommodating said piezoelectric oscillator;

a gas-tight sealer terminal sealing the open end of said cap and forming a gas-tight casing together with said cap, said
10 gas-tight sealer terminal including a plug having substantially the same cross-sectional profile as the inner diameter of the open end of said cap and having a layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, on a portion in contact with the inner surface of the open end of said cap, and a plurality
15 of leads penetrating said plug having a layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or a tin alloy, on portions extending from the plug; and

supports formed from solder with a lead content between 85 and 98 percent by weight, for bonding and securing said
20 piezoelectric oscillator to inner lead portions of said leads extending into said gas-tight casing.

5. The piezoelectric oscillator unit according to claim 1, wherein said supports substantially cover said inner leads, and have extensions extending from ends of said leads toward the
25 centroid of said piezoelectric oscillator and having a length



greater than one half the diameter of said leads.

6., The piezoelectric oscillator unit according to claim 4, wherein said supports substantially cover said inner leads, and have extensions extending from ends of said leads toward the centroid of said piezoelectric oscillator and having a length greater than one half the diameter of said leads.

7. The piezoelectric oscillator according to claim 1, wherein said cap is formed from a copper-nickel alloy.

8. The piezoelectric oscillator according to claim 4, wherein said cap is formed from a nickel-copper alloy.

9. The piezoelectric oscillator according to claim 1, wherein said cap has a nickel layer formed from nickel on its surface.

10. The piezoelectric oscillator according to claim 4, wherein said cap has a nickel layer formed from nickel on its surface.

11. A gas-tight sealer terminal having a substantially cylindrical shape open at one end and sealing an open end of a cap accommodating an electric element,

said gas-tight sealer terminal comprising a plug having substantially the same cross-sectional profile and the inner diameter of the open end of said cap and having a first layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or a tin alloy, on a portion in connect with the inner surface of the open end of said cap, and a plurality of leads penetrating said plug and having a second layer formed from solder



with a lead content of 60 percent by weight or less or from tin or tin alloy, on portions extending from the plug,

said plug having a third layer formed from solder with a lead content of 60 percent by weight or above, underlying said first layer, said leads having a fourth layer formed from solder with a lead content of more than 60 percent by weight, underlying said second layer.

12. A method of manufacturing a piezoelectric oscillator unit having a piezoelectric oscillator accommodated in a gas-tight casing formed by a cap and a gas-tight sealer terminal, comprising the steps of:

securing said piezoelectric oscillator to said gas-tight sealer terminal by coupling leads of said gas-tight sealer terminal and electrode films of said piezoelectric oscillator to one another with solder with a lead content of 88 percent by weight or more, supplied to between the leads and the electrode films; and

accommodating said piezoelectric oscillator in said cap and sealing said cap with said gas-tight sealer terminal.

13. The method of piezoelectric oscillator unit manufacture according to claim 12, which further comprises a step of plating said leads with solder with a lead content of 60 percent by weight or less prior to said step of securing said piezoelectric oscillator.

14. The method of piezoelectric oscillator unit manufacture



according to claim 12 which further comprises:

a first plating step of plating said gas-tight sealer terminal with solder with a lead content of more than 60 percent by weight or prior to said step of securing said piezoelectric oscillator;
5 and

a second plating step of plating said gas-tight sealer terminal with solder with a lead content of 60 percent by weight or less prior to said first plating step.

15 15. The method of piezoelectric oscillator unit manufacture according to claim 12, wherein in said step of securing said piezoelectric oscillator said leads and said electrode films are coupled to one another by supplying solder with a lead content between 85 and 98 percent by weight.

15 16. The method of piezoelectric oscillator unit manufacture according to claim 12, wherein said step of securing said piezoelectric oscillator is carried out such that the volume of the solder coupling said leads and said electrode films to one another is above double the volume of the solder plating portions of said leads inside said gas-tight casing.

20 17. The method of piezoelectric oscillator unit manufacture according to claim 12, wherein said step of securing said piezoelectric oscillator is carried out such that the volume of the solder coupling said leads and said electrode films to one another is above the volume of portions of said leads within said
25 gas-tight casing.



18. The method of piezoelectric oscillator manufacture according to claim 12, which further comprises a heat treatment step carried out at a temperature between 80 and 140°C for a period between 1 and 5 days.

5



ABSTRACT

A base (10) has a substantially cylindrical plug (12) penetrated by two leads 14. A piezoelectric oscillator (24) is secured to and supported on ends of the two leads by supports (26). The supports (26) are formed from solder having as high lead content of more than 60 % by weight, preferably 85 to 98 % by weight. A cap (28) open at one end is fitted on the piezoelectric oscillator (24). The plug (12) seals the open end of the cap (28) and forms a gas-tight casing, thus forming a piezoelectric oscillator unit with piezoelectric oscillator (24) held gas-tight in the inside. The high lead content solder is soft and has a low Young's Modulus, so that it can disperse stress when the piezoelectric oscillator experiences. It is thus possible to evade stress concentration on the piezoelectric oscillator (24) and improve shock resistance. A layer of a solder with a lead content of 60 % by weight or less or of tin or a tin alloy, is formed on the surface of the leads (14), and ensures solder wetting property.

9803873-0

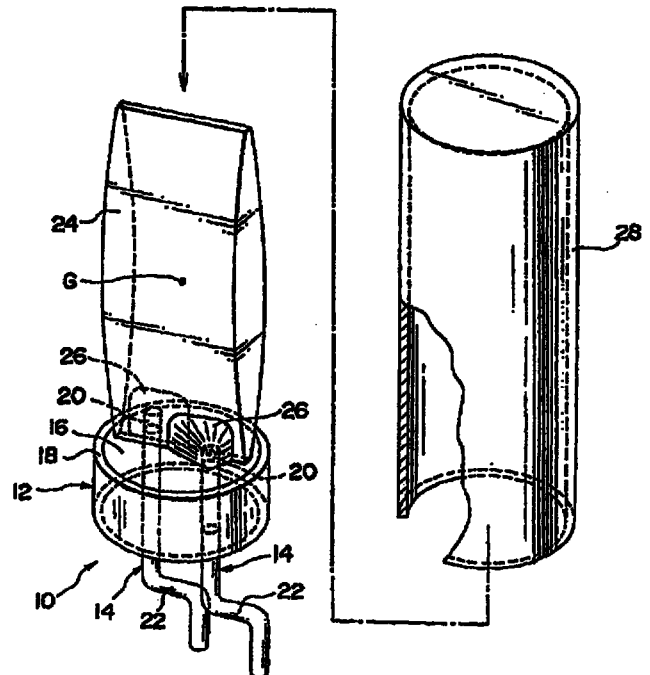
9803873-0
IPDS's copy世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 H03H 9/19, B23K 35/26	A1	(11) 国際公開番号 WO98/23028 (43) 国際公開日 1998年5月28日 (28.05.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/04213 (22) 国際出願日 1997年11月19日 (19.11.97) (30) 優先権データ 特願平8/324758 ✓ 1996年11月19日 (19.11.96) 特願平8/326038 ✓ 1996年11月20日 (20.11.96) 特願平8/342635 ✓ 1996年12月5日 (05.12.96) (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ミヨタ株式会社(MIYOTA CO., LTD.)[JP/JP] ✓ 〒389-02 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地5 Nagano, (JP) シチズン時計株式会社(CITIZEN WATCH CO., LTD.)[JP/JP] ✓ 〒163-04 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 若林久雄(WAKABAYASHI, Hisao)[JP/JP] ✓ 〒163-04 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 シチズン時計株式会社内 Tokyo, (JP)	高柳博明(TAKAYANAGI, Hiroaki)[JP/JP] ✓ 井出利則(IDE, Toshinori)[JP/JP] ✓ 林 俊哉(HAYASHI, Toshiya)[JP/JP] ✓ 〒389-02 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地5 ミヨタ株式会社内 Nagano, (JP) ✓ (74) 代理人 弁理士 吉田研二, 外(YOSHIDA, Kenji et al.) 〒180 東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目34番12号 Tokyo, (JP) (81) 指定国 CN, SG, US. 添付公開書類 国際調査報告書 2 Applicants 4 Inventors	
(54) Title: PIEZOELECTRIC VIBRATOR ✓ (54) 発明の名称 圧電振動子 (57) Abstract A base (10) is provided with a plug (12) having a substantially cylindrical shape and two lead wires (14) passed through the plug (12). A piezoelectric vibrating body (24) is fixed to the front ends of the lead wires (14) with a supporting member (26) composed of a soldering material containing lead with the ratio of more than 60 wt.%, preferably 85-98 wt.%. A cap (28) which is opened on one side is put on the vibrating body (24). The cap (28) forms an airtight container when the opened end is sealed with the plug (12) and, also, a piezoelectric vibrator airtightly housing the vibrating body (24). Since the solder containing a high percentage of lead is soft and low in Young's modulus, the solder disperses stresses when shocks are applied to the piezoelectric vibrator. Therefore, the concentration of stresses to the vibrating body (24) can be avoided and the shock resistance of the piezoelectric vibrator can be improved. In addition, since layers of solder containing ≤ 60 wt.% lead, tin, or tin alloy are formed on the surfaces of the lead wires (14), the solder wettability of the lead wires (14) can be secured.		



(57) 要約

ベース10は、略円筒形のプラグ12とこれを貫通する2本のリード線14を有している。この2本のリード線の先端には、圧電振動体24が支持部材26により固定支持されている。支持部材26は、鉛含有率が60wt%を超える、好ましくは85-98wt%のハンダ材である。この圧電振動体24に、一端が開放したキャップ28が覆い被さるように配置される。そして、プラグ12によって、キャップ28の開放端が封止され、気密容器を形成している。そして、内部に圧電振動体を気密保持した圧電振動子を形成している。鉛含有率の高いハンダは、柔らかくヤング率も低いので、圧電振動子に衝撃が加わったとき、応力を分散し、圧電振動体24への応力集中を回避し、耐衝撃性が向上する。また、リード14の表面には、鉛含有率が60wt%以下のハンダ材またはスズもしくはスズ合金の層が形成されている。これによりハンダ濡れ性が確保される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	TD	チャド
AU	オーストラリア	GB	英国	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BB	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GH	ガナ	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BE	ベルギー	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BF	ブルキナ・ファソ	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BR	ブラジル	GU	グアム	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	US	米国
CA	カナダ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CC	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ベトナム
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CG	コンゴ共和国	JP	日本	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CH	スイス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CI	コートジボワール	KR	韓国	PL	ポーランド		
CM	カメルーン	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
CN	中国	KZ	韓国	PR	ルーマニア		
CU	キューバ	KG	キルギス	RU	ロシア		
CY	キプロス	KH	カンボジア	SD	スーダン		
CZ	チェコ	LA	ラオス	SE	スウェーデン		
DE	ドイツ	LC	セント・ルシア	SG	シンガポール		
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	SK	スロバキア		
EE	エストニア	LK	スリランカ	SL	シエラ・レオネ		
ES	スペイン	LS	レソト				