

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7030331号

(P7030331)

(45)発行日 令和4年3月7日(2022.3.7)

(24)登録日 令和4年2月25日(2022.2.25)

(51)国際特許分類

G 0 1 H 11/08 (2006.01)

F I

G 0 1 H 11/08

A

請求項の数 3 (全10頁)

(21)出願番号	特願2018-62008(P2018-62008)	(73)特許権者	000237444
(22)出願日	平成30年3月28日(2018.3.28)		リバーエレテック株式会社
(65)公開番号	特開2019-174254(P2019-174254 A)		山梨県韮崎市富士見ヶ丘2丁目1番11号
(43)公開日	令和1年10月10日(2019.10.10)	(74)代理人	100097043
審査請求日	令和3年3月22日(2021.3.22)		弁理士 浅川 哲
早期審査対象出願		(74)代理人	100128071
			弁理士 志村 正樹
		(72)発明者	武藤 一夫
			神奈川県相模原市緑区大島2695-18
		(72)発明者	大西 秀和
			山梨県韮崎市富士見ヶ丘2丁目1番11号
			リバーエレテック株式会社内
		審査官	瓦井 秀恵

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 A E センサ素子及びA E センサ

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

板状の水晶材によって形成され、少なくとも1本の共振子の表面と裏面にそれぞれ4本ずつの溝部が対向するように設けられた共振子を備え、各溝部の内周面には電極膜が形成され、前記共振子の表面と裏面に設けられたそれぞれ2本ずつの溝部に隣接して1本の電界遮断溝が設けられ、該電界遮断溝は内周面に前記電極膜を有しないA E センサ素子。

## 【請求項2】

請求項1に記載のA E センサ素子と、A E センサ素子を収容するケースと、を有するA E センサ。

## 【請求項3】

前記A E センサ素子及びケースがウエハレベルパッケージからなる請求項2に記載のA E センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、被測定物に直接取付けて種々の周波数成分を有する振動波を検出するアコースティックエミッション(A E)センサ、及びこのA E センサに用いられるA E センサ素子に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、この種の A E センサとして特許文献 1 に示される振動波センサが知られている。この振動波センサは、半導体シリコン基板の一部に一体形成したセンサ素子を備えている。このセンサ素子は、複数のカンチレバーを並設している。そして、それぞれのカンチレバーは、異なる共振周波数を有するように寸法設定されている。また、各カンチレバーは、それぞれの根元部近傍の一面に、検知部としての piezo 抵抗を備えている。そして、各別の piezo 抵抗の抵抗値の変化が、出力回路の出力として各別に検出され、振動波に含まれる周波数毎の振動レベルとして得られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【文献】特開 2000 205940 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来の振動波センサにあっては、半導体シリコン基板が用いられ、この半導体基板に一体形成されたセンサ素子の各カンチレバーの一面に設けた piezo 抵抗の抵抗値を測定するものであるため、経年劣化などによる抵抗値の変化などによって検出精度に誤差が生じ、波動波センサとしての長期的な安定性に欠けるおそれがあった。また、piezo 抵抗から抵抗値を検出するためには、常に所定のバイアス電圧を印加する直流電源が必要となる。そのため、例えば被測定物の振動変位量を長期間に亘って継続的に測定する

20

ような場合、

直流電源の設置などで振動波センサの適用範囲が制約を受けるおそれがあった。

【0005】

そこで本発明は、上記従来の課題を解決するために、水晶材によって形成され、この水晶材が持つ特有の圧電効果を利用して共振強度を検出する A E センサ及び A E センサ素子を

提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明に係る A E センサ素子は、板状の水晶材によって形成され、少なくとも 1 本の共振子の表面と裏面にそれぞれ 4 本ずつの溝部が対向するように設けられた共振子を備え、各溝部の内周面には電極膜が形成され、前記共振子の表面と裏面に設けられたそれぞれ 2 本ずつの溝部に隣接して 1 本の電界遮断溝が設けられ、該電界遮断溝は内周面に前記電極膜を有しない。

30

【0007】

また、本発明に係る A E センサ素子は、前記溝部が 1 本の共振子の表面及び裏面の長手方向に一又は二以上形成される。

【0008】

また、本発明に係る A E センサ素子は、第 1 の A E センサ素子と第 2 の A E センサ素子とを備え、第 1 の A E センサ素子と第 2 の A E センサ素子は、それぞれのベース部から延びる複数の共振子が互いに向かい合わせの状態で配置される。

40

【0009】

また、本発明に係る A E センサは、前記 A E センサ素子と、A E センサ素子を収容するケースと、を有する。さらに、前記ケース内には A E センサ素子から出力された検出信号を処理する電子回路が配置されることがある。

【発明の効果】

【0010】

本発明に係る A E センサ素子は、板状の水晶材によって形成され、複数の共振子に形成された溝部の内周面に電極膜が形成されているので、各共振子が共振時に生じる歪で発生した圧電電流変化を高感度で検出することができる。

50

## 【 0 0 1 1 】

また、本発明に係る A E センサは、水晶材が持つ特有の圧電効果を利用して共振強度を検出しているので、長期に亘って検出精度に誤差が生じにくく、波動波センサとしての長期的な安定性が図られる。また、本発明に係る A E センサによれば、検出信号を出力させるための電源を特に必要としないので、A E センサとしての適用範囲が広がると共に使い勝手が非常に良いものとなる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る A E センサ素子の正面図である。

【図 2】共振子が X 軸方向に屈曲振動するときの溝部と電極配置を示す、図 1 中 II - II 断面図である。

10

【図 3】共振子が Z 軸方向に屈曲振動するときの溝部と電極配置を示す断面図である。

【図 4】共振子が X 軸と Z 軸の二方向に屈曲振動するときの溝部と電極配置を示す断面図である。

【図 5】電界遮断溝部を有する共振子が Z 軸方向に屈曲振動するときの溝部と電極配置を示す断面図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係る A E センサ素子の正面図である。

【図 7】本発明の一実施形態に係る A E センサの斜視図である。

【図 8】図 7 の VIII - VIII 断面図である。

【図 9】電子回路の一構成例を示すブロック図である。

20

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 3 】

以下、本発明に係る A E センサ素子及び A E センサ素子を用いた A E センサの実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、図面は、本発明の A E センサ素子及び A E センサ素子を用いた A E センサを模式的に表したものである。これらの実物の寸法及び寸法比は、図面上の寸法及び寸法比と必ずしも一致していない。また、重複説明は適宜省略させることがあり、同一部材には同一符号を付与することがある。また、図 1 において示された本発明の A E センサ素子は、電気軸を X 軸、機械軸を Y 軸、光軸を Z 軸とした水晶材から形成されているが、完全に一致する必要はない。以下、同様である。さらに、本発明の技術的範囲は以下で説明する各実施の形態には限定されず、特許請求の範囲に記載された発明とその均等物に及ぶ点に留意されたい。

30

## 【 0 0 1 4 】

図 1 及び図 2 には本発明の第 1 実施形態に係る A E センサ素子 1 が示される。この A E センサ素子 1 は、板状の水晶材によって形成されるベース部 2 及びベース部 2 から一方向延びる複数の共振子 3 を備えている。複数の共振子 3 は屈曲振動モードを備え、それぞれが異なる周波数の振動波に対して共振するように寸法設定されている。この実施形態では長さの異なる 5 本の共振子 3 を順番に並べているが、本数は用途に応じて適宜選択することができ、また並べる順番も自由である。共振子 3 は寸法の長い方が低い周波数の振動波に対して共振し、寸法が短くなるのにしたがって高い周波数の振動波に対して共振する。センサの精度は、各共振子 3 の周波数を、設計値に対して  $\pm 20 \text{ ppm}$  以内に調整することが望ましい。周波数の調整は、例えば各共振子 3 の先端部の質量を調整することで行われる。

40

## 【 0 0 1 5 】

前記各共振子 3 は溝部 4 を有している。この溝部 4 は、共振子 3 の表面 3 a 及び裏面 3 b の長手方向に 1 本ずつ形成されるものである。溝部 4 の長さ、幅、深さは、適宜選択される。前記溝部 4 の内周面には電極膜 5 が形成されている。電極膜 5 は、各共振子 3 が共振する際に生じる歪を電流値として検出するもので、この実施形態では共振子 3 の両側面 3 c にも一對の電極膜 6 が形成されている。

## 【 0 0 1 6 】

前記ベース部 2 には、前記共振子 3 の溝部 4 に形成される電極膜 5 と共振子 3 の両側面 3

50

cに形成される電極膜6が互いに極性の異なる電極となるように一对の電極端子7a, 7bが形成されている。この電極端子7a, 7bは、それぞれ共振子3に設けられる。そして、共振子3の溝部4に形成された電極膜5が一方の電極端子7aに接続され、共振子3の両側面3cに形成された電極膜6が他方の電極端子7bに接続されている。本実施形態では各共振子3が共振時に生じる歪が電流を発生させ、共振強度に応じた電流を前記電極膜5, 6によって検出する。なお、他方の電極端子7bを形成することなく、極性の異なる他方の電極をグランドとして共通化することも可能である。

#### 【0017】

上記構成からなるAEセンサ素子1は、フォトリソ加工などによって、板状の水晶材から形成することができる。フォトリソ工程においてマスクパターンを形成し、水晶エッチングを施すことによって、ベース部2及びベース部2から一方向に延びる複数の共振子3を形成することができる。共振子3に形成される溝部4の細い凹部形状もフォトリソ工程の中で形成することができる。そのため、AEセンサ素子1の小型化を実現することができると共に、多数の共振子3を有する多チャンネル化も容易に形成可能である。図1に示されるAEセンサ素子1は、ベース部2の下部2a(ハッチング部分)を被測定物などに直接貼り付けることで、AEセンサ素子1そのものをAEセンサとして機能させることもできる。また、ケース内にAEセンサ素子1を収容したAEセンサを被測定物に取付けて測定することもある。この場合、ケース内にAEセンサ素子1からの検出信号を処理する電子回路を収容することも可能である。

#### 【0018】

また、本発明のAEセンサ素子1は、図3に示したように、1本の共振子3の表面3aと裏面3bにそれぞれ2本の溝部4aを形成することもできる。各溝部4aの溝幅は、1本の溝部4の場合に比べて狭くなるが、2本の溝部4aに形成される一对の電極膜5aを互いに極性の異なる電極となるように設定することで、Z軸方向の振動に対する共振子3の共振強度に応じた電流を検出することができる。

#### 【0019】

また、本発明のAEセンサ素子1は、図4に示したように、1本の共振子3の表面3aと裏面3bにそれぞれ2本の溝部4aを形成すると共に、共振子3の両側面3cに電極膜6aを設けることもできる。この場合には、4本の溝部4aのうち、3本の溝部4aに形成される電極膜5aと、残りの1本と共振子3の両側面3cに形成される一对の電極膜6aとを互いに極性の異なる電極となるように設定することで、X軸とZ軸の二軸方向の振動に対する共振子3の共振強度に応じた電流を検出することができる。

#### 【0020】

さらに、本発明のAEセンサ素子1は、図5に示したように、1本の共振子3の表面3aと裏面3bにそれぞれ4本の溝部4bと、1本の電界遮断溝4cを形成することもできる。各溝部4bの溝幅は2本の溝部4aの場合よりさらに狭くなるが、各溝部4bの内周面には電極膜5bが形成される。電界遮断溝4cは、共振子3の中央部に形成されており、電極膜は設けられていない。この電界遮断溝4cによって、共振子3に発生する左右の電界が互いに影響を受けることがないようにしている。4本の溝部4bに形成される電極膜5bを互いに極性の異なる電極となるように設定することで、Z軸方向の振動に対する共振子3の共振強度に応じた電流を検出することができる。

#### 【0021】

上記のように、各共振子3の表面3a及び裏面3bに1又は2以上の溝部4, 4a, 4bを形成し、各溝部4, 4a, 4bの内周面に各共振子3が共振時に生じる歪で発生した電流を検出するための電極膜5, 5a, 5bを形成したので、共振子3に歪が発生した時の圧電電流変化を高感度で検出することが可能となる。

#### 【0022】

図6には、本発明に係るAEセンサ素子の第2実施形態が示される。このAEセンサ素子10は、第1のAEセンサ素子11aと第2のAEセンサ素子11bとを備える。第1のAEセンサ素子11aと第2のAEセンサ素子11bは、それぞれのベース部12a, 1

10

20

30

40

50

2 b から延びる 4 本の共振子 1 3 a , 1 3 b が互いに向かい合わせの状態に配置される。合計で 8 本の共振子 1 3 a , 1 3 b は、それぞれ異なる周波数の振動波に対して共振するように寸法設定されており、この実施形態では、第 1 の A E センサ素子 1 1 a に形成される共振子 1 3 a の方で低い領域の周波数の振動を検出できるように長めに寸法設定され、第 2 の A E センサ素子 1 1 b に形成される共振子 1 3 b の方で高い領域の周波数の振動を検出できるように短めに寸法設定されている。8 本全ての共振子 1 3 a , 1 3 b には、前記実施形態と同様、表面及び裏面に溝部 1 4 a , 1 4 b が形成され、各溝部 1 4 a , 1 4 b の内周面には電極膜 1 5 a , 1 5 b が形成される。

#### 【 0 0 2 3 】

上記 A E センサ素子 1 0 は、先の実施形態と同様、フォトリソ加工などによって、板状の水晶材から周囲のフレームと一体に形成することができる。なお、A E センサ素子 1 0 に設けられる共振子 1 3 a , 1 3 b が 8 本に限定されないことは勿論である。

#### 【 0 0 2 4 】

図 7 及び図 8 には上記 A E センサ素子 1 を用いた A E センサ 2 0 の一実施形態が示されている。この A E センサ 2 0 は、A E センサ素子 1 と、A E センサ素子 1 を収容するケース 2 1 と、ケース 2 1 のキャビティ 2 4 内に配置される電子回路 2 2 とを有している。A E センサ素子 1 は、前述したように、板状の水晶材をフォトリソ加工することで、周囲のフレーム 2 3 と一体に形成することができる。また、ケース 2 1 は上ケース 2 1 a と下ケース 2 1 b とによって形成され、ケース 2 1 のキャビティ 2 4 内に A E センサ素子 1 を配置している。また、図 9 に示されるように、電子回路 2 2 は、増幅回路、整流回路、平滑回路、電圧判定回路、電圧信号回路、信号処理回路、無線回路などで構成され、A E センサ素子 1 から出力された検出信号を選択的に信号処理する。A E センサ 2 0 は、A E センサ素子 1 と、A E センサ素子 1 で検出された出力信号を処理する電子回路 2 2 とを一つのケース 2 1 にパッケージしたものであり、取り扱いが容易である。また、ケース 2 1 には A E センサ 2 0 の電源として小形電池が収容される場合もある。なお、電子回路 2 2 をケース 2 1 の外部に設置することも可能である。この場合には A E センサ 2 0 はケース 2 1 内に A E センサ素子 1 のみ、又は A E センサ素子 1 と小形電池を収容しただけの構成となる。また、必要に応じて電源線、グランド線、信号線などを引き出すための引出孔がケース 2 1 に設けられる場合がある。

#### 【 0 0 2 5 】

図 9 には電子回路 2 2 のブロック図が示されている。A E センサ素子 1 から出力された検出信号は増幅回路で電圧が増幅されたのち整流回路において整流される。検出信号をデジタルデータとして処理する場合には平滑回路を経てから電圧判定回路に送られる。ここで電圧判定された信号は、信号処理回路において外部に送り出すための信号に処理され、無線回路を通じて、又は信号線を介して外部に送られる。信号処理回路での信号処理は、例えばコンパレータなどのような簡単な回路を用いて処理する場合や、デジタルシグナルプロセッサなどのような複雑な回路を用いて処理する場合などが考えられる。一方、A E センサ素子 1 からの検出信号を振幅データとして処理する場合には、平滑回路を経てから電圧信号回路に送られる。ここで電圧信号に変換されてから信号処理回路において信号処理される。なお、電子回路 2 2 は I C 化されていることが望ましい。

#### 【 0 0 2 6 】

図 7 に示した A E センサ 2 0 は、ウエハレベルパッケージによって形成することができる。研磨されたウエハ状の水晶基材を 3 枚積層し、上下 2 枚の水晶基材にキャビティ 2 4 を形成し、このキャビティ 2 4 内に A E センサ素子 1 と電子回路 2 2 が配置される。上下 2 枚の水晶基材が上ケース 2 1 a と下ケース 2 1 b を形成し、その間に挟まれた水晶基材に A E センサ素子 1 が形成される。このようにして積層された 3 枚のウエハ状の水晶基材をケースごとにダイシングすることによって、A E センサ 2 0 をパッケージ化することができる。A E センサ 2 0 をウエハレベルパッケージにした場合には、ケースの外表面が研磨されているので、被測定物に A E センサ 2 0 を密着させることができ、検出感度と精度の向上につながる。

10

20

30

40

50

## 【符号の説明】

## 【 0 0 2 7 】

- 1 , 1 0    A E センサ素子
- 2 , 1 2 a , 1 2 b    ベース部
- 2 a    ベース部の下部
- 3 , 1 3 a , 1 3 b    共振子
- 3 a    表面
- 3 b    裏面
- 3 c    両側面
- 4 , 4 a , 4 b , 1 4 a , 1 4 b    溝部
- 4 c    電界遮断溝
- 5 , 5 a , 5 b , 1 5 a , 1 5 b    溝部の電極膜
- 6 , 6 a    側面の電極膜
- 7 a    正極端子
- 7 b    負極端子
- 1 1 a    第 1 の A E センサ素子
- 1 1 b    第 2 の A E センサ素子
- 1 6 , 2 3    フレーム
- 2 0    A E センサ
- 2 1    ケース
- 2 1 a    上ケース
- 2 1 b    下ケース
- 2 2    電子回路
- 2 4    キャパティ

10

20

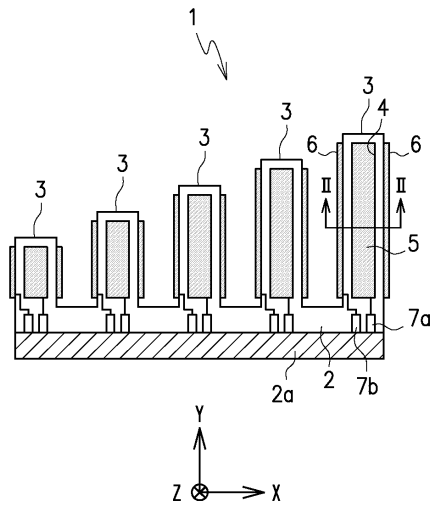
30

40

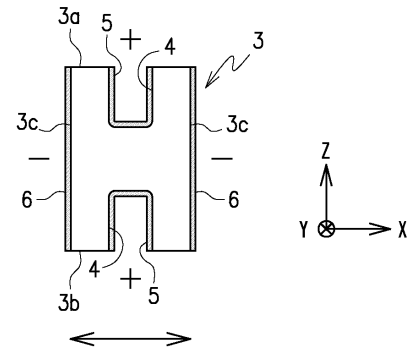
50

【図面】

【図 1】



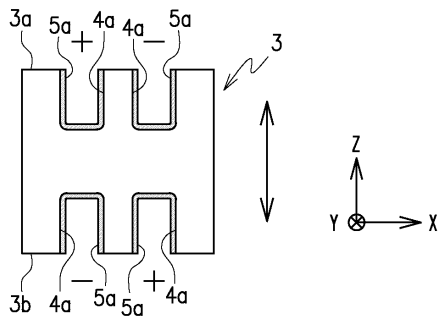
【図 2】



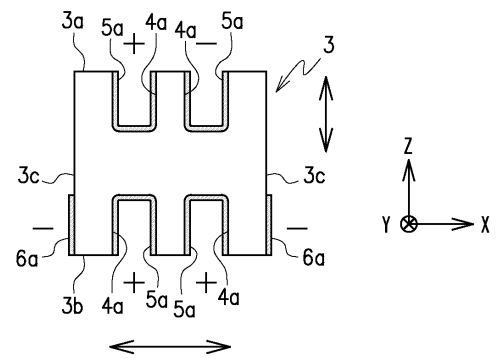
10

20

【図 3】



【図 4】

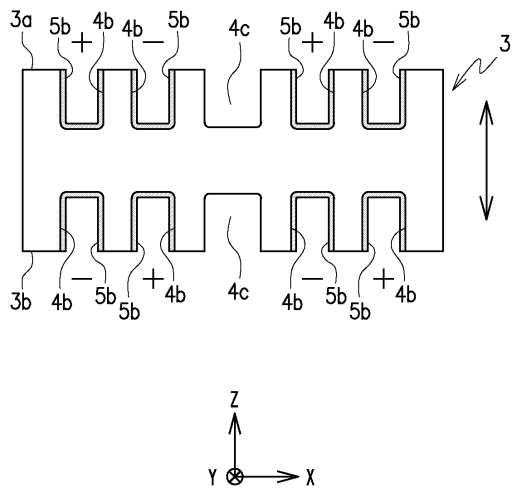


30

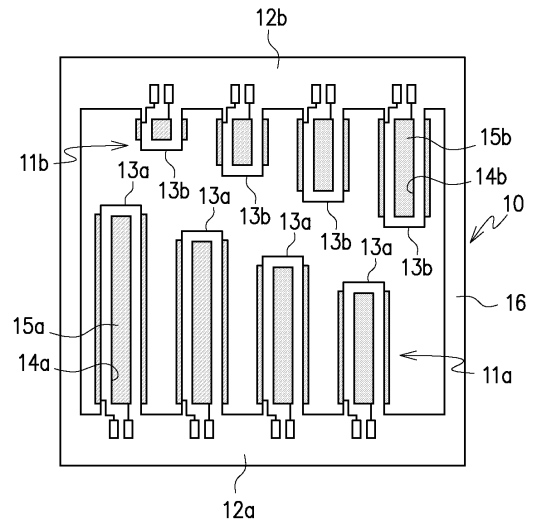
40

50

【図 5】



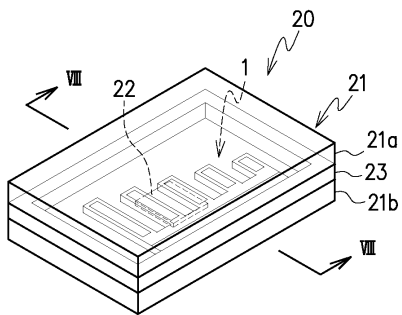
【図 6】



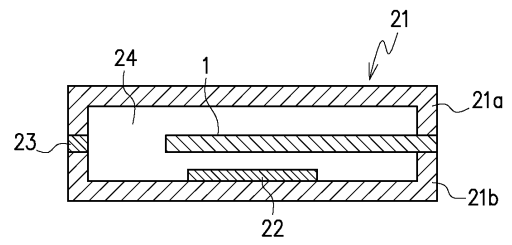
10

20

【図 7】



【図 8】

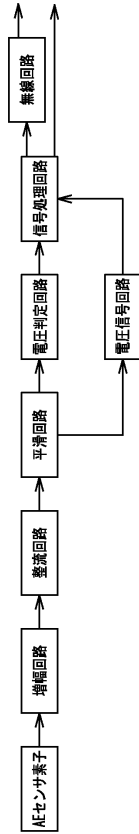


30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 3 0 3 9 9 5 ( J P , A )  
特開 2 0 1 7 - 2 0 0 0 1 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 9 - 1 6 5 1 6 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 4 - 2 4 0 7 8 9 ( J P , A )  
特開 2 0 1 1 - 2 3 2 2 6 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 0 0 8 6 8 3 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 0 8 5 4 1 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 4 6 6 3 9 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 0 1 H 1 1 / 0 8  
H 0 3 H 9 / 0 0 - 9 / 7 6  
H 0 1 L 4 1 / 0 0 - 4 1 / 4 7