



Espacenet

Bibliographic data: JPS5990978 (A) — 1984-05-25

SUPERLATTICE NEGATIVE RESISTANCE ELEMENT

Inventor(s): YANASE TOMOO; RANGU HIROYOSHI ± (YANASE TOMOO, ; RANGU HIROYOSHI)

Applicant(s): NIPPON ELECTRIC CO ± (NIPPON DENKI KK)

Classification: - **international:** *H01L29/15; H01L29/88; H01L47/00;* (IPC1-7): H01L47/00
- **cooperative:** B82Y10/00; H01L29/155; H01L29/882

Application number: JP19820200572 19821116

Priority number(s): JP19820200572 19821116

Also published as: JPS5990978 (A)

Abstract of JPS5990978 (A)

PURPOSE: To obtain the negative resistance element with superlattice structure, through which the large degree of amplification is acquired, by flowing resonant tunnel currents through sections among a plural pair of levels and obtaining larger differential negative resistance. **CONSTITUTION:** The position 31 of the lower end of a conductive band changes in a sine wave shape in the direction 39 vertical to the upper surface 38 of a substrate 37. GaAs is used as a substrate mixed crystal, and a mixed crystal layer consists of Ga_{1-x}Al_xAs. The change of the sine wave shape is obtained by altering a composition ratio (x) of Al in a sine wave shape. When the shape of a potential well formed by the spatial change of the position of the lower end of the conductive band takes a sine wave, scattered energy levels 33, 34, 35, 36 are arranged at approximately regular intervals.; When voltage is applied to the superlattice, regions 44 in which a field drop focuses are generated. When applied voltage is increased to a proper value, the energy levels of the left potential wells and those of the right potential wells coincide in a plurality of pairs while holding the thin-film regions 44, the resonant tunnel currents 41, 42, 43 flow through three pairs of the levels, and large differential negative resistance is obtained.



Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

DESCRIPTION JPS5990978

[0001]

The present invention relates to a negative resistance element. As an amplifying element for a frequency amplifier or an oscillator (development of jaAs - 11 'EET is popular, when using a superlattice having a negative differential resistance, GaAS - FET ↑ is difficult to operate in a sieve frequency castle Since there is a possibility of being possible, the super lattice negative resistance element is thought to be promising. Conventionally suggested superlattice negative resistance elements are guided in the 1 st time! It has the shape of the lower end of the band. Here, the ordinate axis L energy is shown, and the abscissa axis is the energy level indication in the empty space 111 representing the position in the direction perpendicular to the superlattice plane. A qualified super-rated + -L resistance element is formed of GaAs, which is a binary mixed crystal, formed with a forbidden (1) narrow layer 11 and a binary mixed crystal G a A I A s And a layer 12 having a wide forbidden cloth width are alternately formed with 81 i layers. At this time, when the lϕ of the GaAS layer becomes thin to about 200 Å, the energy level Fi where the electrons in the layer can exist, the discretized, the level of the base energy level 13.24 i '14 th level 15. The fourth level 16, etc. are generated. When the thickness of the wider layer 12, which is sandwiched between the layers having the discretized energy level as VC 1, becomes thinner at several 111 k strooms a 5 'degrees, a voltage is applied in a direction perpendicular to the thin film layer In this state, tunneling current flows. The fact that the differential negative resistance appeared when tunnel current flowed and the applied voltage reached an appropriate value when relief was applied to the superlattice shown in FIG. 1 was confirmed by L. Ezaki et al. (Finical Review Letter, 33 × , Page 3495, 1974). The state in which the differential negative resistance at this time is obtained is explained with reference to FIG. Figure 2 shows the shape of the lower end of the conduction band in real space when a voltage is applied in a direction perpendicular to the superlattice plane to the superlattice composed of O aAB and G a A I s s shown in Figure 1 . When the voltage applied in the direction perpendicular to the superlattice surface rises to an appropriate value, the high electric field region 22 shown in FIG. 2 is generated. In the condition where the high electric field region 22 occurs, when the applied voltage is further increased, the tunnel current 21 increases. This phenomenon occurs when the base energy level 13 of the layer with a narrow forbidden band width on the left side of the high electric field region 22 and the energy level 14 at the 2 # th in the layer with a narrow forbidden band width on the right side are almost equal energy r , And the tunneling current increases resonantly.

When the tunneling current increases resonantly, the differential resistance of the superlattice becomes negative, and since the superlattice is a negative resistance element and the shape of the well is a boxy store, discretization [and the energy levels 13 to 16 are nonzero Equal spacing (proportional to $(n + 1)^2$, n is number of levels). Then, even if a voltage is applied vertically to the superlattice, two or more pairs of energy levels of the next pair do not coincide with each other, and at least one pair of energy levels coincide with each other. Because of Sono, the tunneling current 21 resonantly flowing through the matching energy level / L / 13 and 14 is weak, the differential negative resistance is small, and a large amplification degree can not be obtained. Therefore, an object of the present invention is to provide a negative resistance element having a superlattice structure in which a large increase IIN & '+' - + is provided. The negative resistance element of the present invention is a negative resistive element having a superlattice structure having a super lattice structure in which forbidden ((two kinds of mixed crystal semiconductor thin film layers having mutually different widths are alternately

formed in eight layers) In the element, as in the thin film surface 1 / cilj in the thin film layer, the bottom end shape of the conductive layer 41F is sinusoidally shaped at least 2 cycles in the direction perpendicular to the thin film surface, the forbidden band width of the two kinds of thin film layers The composition of the mixed crystal of the thin film is changed spatially. An embodiment of the present invention will now be described with reference to the drawings. FIG. 3 shows the spatial variation of the lower end of conductivity (1) in a mixed crystal layer of a superlattice of one resistive element according to the present invention. The position 31 at the lower end of the conductive 1) shown in FIG. 3 changes into a positive wave wave in a direction 39 perpendicular to the upper surface 38 of the substrate 37. In this embodiment, GaA is used as a substrate mixed crystal, and the U product layer is made of oal-X "XAB. The change in the jE hippocampus at the lower end of the conduction band can be obtained by changing the composition \$ z of Al to IF wave form. It is indicated by Bo Sewn Dynamics formed by the spatial change of the child end position of Conductive (1). FIG. 4 shows a situation in which 'low pressure is applied to the superlattice having the energy levels of +1 equally spaced. Similarly to the conventional superlattice shown in FIG. 2, a region 44 in which the electric field drop concentrates occurs. When the applied voltage is increased to an appropriate value, the energy level of the potential well of the left side and the potential well of the right side are sandwiched between the thin film regions 44. 2) Leggy level r, t il J Thread It (1 in this case 3 yarns 11), And jumping between the three sets of levels will result in the tunneling currents 41, 42.43 flowing through I: β . In the conventional superlattice, as shown in Fig. 2, the differential negative resistance was small because the tunnel current 21L between a pair of matching levels did not flow.

In the actual hm example according to the present invention, resonant tunneling current flows between a plurality of sets of levels, so that a larger differential negative resistance can be obtained. Therefore, book 5! ! According to the example, a large amplification degree can be obtained (41 '(h + A resistance element that can grid structure itself can be obtained). The superlattice described in the above examples was manufactured by a molecular beam epitaxy method. In molecular beam emitter A-14 having cells generating Ga, AS and Al. The temperature of the cell generating Al is Al &! In order to increase or decrease to 1F sinusoidal shape for time 11 purpose, let the spatial change shape of the lower end of the conduction band shown in Fig. た。 Increasing or decreasing the size of Al shoes in the form of positive O waves can be changed to Hiroshi wave shape of the whole cell temperature which generates A1, and it can be manufactured very easily without requiring a sudden temperature change. Although the mixed crystal of GaA IAs / GaAs is used in the above-mentioned embodiment, the present invention is not limited to the product old product, and other materials such as A I G a A s 8 b / (JaSb etc. may be used It is clear.

[0002]

Brief Description of the Drawings

[0003]

FIG. 1 is a view showing the state of the lower end of the conduction band for explaining the conventional superlattice negative resistance element, FIG. 2 is a view for explaining the operation principle of the conductive band, and FIG. 3 explains one embodiment of the present invention FIG. 4 is a view for explaining the operation principle of the present invention, and FIG.

11 is a conventional super lattice forbidden · 114 wide narrow) -112 is a layer with a wide forbidden band width, 3 to 16 are separated single energy levels, 21 resonant tunnel current, 22 electric field concentrates A region 31, a lower end of the conductive band of one embodiment of the present invention, 32.33 to 36 a discretized two-level reed panel 37 is a substrate, 38 is a top surface of the substrate, 39 is a junction straight , 41 to 43 are resonant tunneling currents, and 44 is a region where the electric field is concentrated. 躬 1 Figure 2 Figure 2 Figure 3 Figure 4 Figure 4



Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

CLAIMS JPS5990978

1.

A negative resistance element having a superlattice structure in which two types of mixed crystal semiconductor thin film layers having different forbidden band widths are alternately formed on a plate in a direction perpendicular to the thin film surface in a thin w L band Characterized in that the mixed crystal composition of the thin film having a small forbidden band width is spatially changed such that the lower end shape of the thin film layer is repeated sinusoidally for at least two periods Negative resistive element.

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—90978

⑤ Int. Cl.³
H 01 L 47/00

識別記号

庁内整理番号
6466—5F

④ 公開 昭和59年(1984)5月25日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 3 頁)

⑭ 超格子負性抵抗素子

② 特 願 昭57—200572

② 出 願 昭57(1982)11月16日

⑦ 発 明 者 柳瀬知夫
東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

⑦ 発 明 者 覧具博義

東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

⑦ 出 願 人 日本電気株式会社

東京都港区芝5丁目33番1号

⑦ 代 理 人 弁理士 内原晋

明 細 書

1. 発明の名称 超格子負性抵抗素子

2. 特許請求の範囲

半導体結晶基板上に、禁制帯幅が互いに異なる2種類の混晶半導体薄膜層を交互に複数層形成した超格子構造を有する負性抵抗素子において、薄膜層内で薄膜面に垂直な方向に導電帯の下端形状が正弦波状に少なくとも2周期繰り返しているように、前記2種類の薄膜層のうち禁制帯幅の小さな薄膜の混晶組成が空間的に変化していることを特徴とする超格子負性抵抗素子。

3. 発明の詳細な説明

本発明は負性抵抗素子に関するものである。

高周波増幅器又は発振器用の増幅素子として、GaAs-FETの開発が盛んであるが、負性微分抵抗を有する超格子を用いると、GaAs-FETでは得にくい高周波域で動作が出来る可能性があること

から、超格子負性抵抗素子は将来性が高いと考えられている。

従来提案されてきた超格子負性抵抗素子は、第1図に示す導電帯の下端の形状を有する。ここで縦軸はエネルギーを表わし、横軸は超格子面に垂直な方向の位置を表わす実空間でのエネルギーレベル表示を用いている。通常の超格子負性抵抗素子は二元混晶であるGaAsで形成された禁制帯幅の狭い層11と、三元混晶であるGaAlAsで形成された禁制帯幅の広い層12とが、交互に積層した構造を有する。このさい、GaAs層の厚みが200オングストローム程度迄薄くなると、GaAs層中の電子が存在出来るエネルギーレベルは離散化し、基底エネルギーレベル13、2番目のレベル14、3番目のレベル15、4番目のレベル16などが発生する。このように、離散化したエネルギーレベルを有する層をはさむ、禁制帯幅の広い層12の厚みが、数百オングストローム程度に薄くなると、薄膜層と垂直の方向に電圧を印加した状態で、トンネル電流が流れる。第1図に示す超格子に電

圧を印加した時、トンネル電流が流れ、印加電圧が適切な値になったとき微分負性抵抗が現われることは、エル・エサキ等（フィジカル・レビュー・レター、33巻、495頁、1974年）によって報告された。このときの微分負性抵抗が得られた状態を、第2図を用いて説明する。第2図は、第1図に示されたGaAsとGaAlAsからなる超格子に超格子面と垂直な方向に電圧を印加したときの、実空間における導電帯下端の形状を示す。超格子面に垂直の方向に印加する電圧が適切な値迄上昇すると、第2図に示される高電界領域22が発生する。高電界領域22が発生する条件下で、印加電圧をさらに増加すると、トンネル電流21が増大する。この現象は、高電界領域22の左側の禁制帯幅の狭い層の基底エネルギーレベル13と、右側の禁制帯幅の狭い層の2番目のエネルギーレベル14とがほぼ等しいエネルギーになったとき、共鳴的にトンネル電流が増大するために生じる。共鳴的にトンネル電流が増大すると、超格子の微分抵抗が負になり、超格子が負性抵抗素子として

2周期繰り返しているように、前記2種類の薄膜層のうち禁制帯幅の小なる薄膜の混晶組成が空間的に変化している点に特徴をもたせた構成となっている。

次に図面を用いて本発明の一実施例を説明する。第3図は本発明による超格子負性抵抗素子の混晶層における導電帯の下端の空間変化を示す。第3図に示した導電帯の下端の位置31は、基板37の上面38と垂直な方向39に、正弦波状に変化する。本実施例では基板混晶としてGaAsが用いられ、混晶層は $Ga_{1-x}Al_xAs$ からなる。導電帯の下端の位置の正弦波状の変化は、Alの組成率 x を正弦波状に変化させることによって得られる。導電帯の下端位置の空間変化により形成されるポテンシャル井戸の形状が正弦波であると、離散化したエネルギーレベル^{33, 34, 35, 36}はほぼ等間隔になることが量子力学によって示される。第4図は、このほぼ等間隔のエネルギーレベルを有する超格子に、電圧を印加した状況を示す。第2図で示した従来の超格子と同様に、電界降下が集中した領域44が

動作する。ところが、従来提案されてきた超格子構造は、^{第1}図に示すように、導電帯のポテンシャル井戸の形状が箱型であるため、離散化したエネルギーレベル13から16は非等間隔 $((n+1)^2$ に比例、 n はレベルの番号)となる。すると、超格子に垂直に電圧が印加されても、隣同士のエネルギーレベルが2組以上一致することはなく、たかだか1組のエネルギーレベルが一致するにすぎない。そのため、一致したエネルギーレベル13と14を介して共鳴的に流れるトンネル電流21は微弱であり、微分負性抵抗は小さく、大きな増幅度が得られない。

そこで、本発明の目的は、大きな増幅度が得られる、超格子構造を有する負性抵抗素子を提供することにある。

本発明の負性抵抗素子は、半導体結晶基板上に、禁制帯幅が互いに異なる2種類の混晶半導体薄膜層を交互に複数層形成した超格子構造を有する負性抵抗素子において、薄膜層内で薄膜面に垂直な方向に導電帯の下端形状が正弦波状に少なくとも

発生する。印加電圧を適切な値迄増加すると、前記薄膜領域44を挟んで、左側のポテンシャル井戸のエネルギーレベルと右側のポテンシャル井戸のエネルギーレベルは複数組（この場合は3組）で一致し、3組のレベル間を通じて共鳴的なトンネル電流41, 42, 43が流れる。従来の超格子では、第2図に示すように一組の一致したレベル間のトンネル電流21しか流れなかったため、微分負性抵抗は小さかった。本発明からなる実施例では、複数組のレベル間を通じて共鳴的なトンネル電流が流れるため、より大きな微分負性抵抗が得られる。よって、本実施例によれば、大きな増幅度が得られる超格子構造を有する負性抵抗素子を得ることが出来る。

前記実施例に述べた超格子は、分子ビームエピタキシー法で製造した。GaとAsとAlを発生するセルを有する分子ビームエピタキシー装置で、Alを発生するセルの温度はAl組成が時間的に正弦波状に増減するよう調整して、第3図に示す導電帯の下端の空間的な変化形状を形成した。Al

線量を正弦波状に増減することは、単にAI を発生するセル温度を正弦波状に変えればよく、急激な温度変化を必要とせず、非常に容易に製造可能である。

前記実施例ではGaAlAs/GaAs の混晶を用いたが、本発明は結晶材料に限定されず、AlGaAsSb /GaSb 等、他の材料を用いても良いのは明らかである。

4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の超格子負性抵抗素子を説明するための導電帯下端の様子を示す図、第2図はその動作原理を説明する図、第3図は本発明の一実施例を説明するための導電帯下端の様子を示す図、第4図は本発明の動作原理を説明する図である。

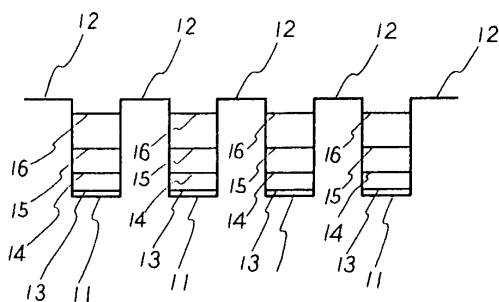
11は従来の超格子の禁制帯幅の狭い層、12は禁制帯幅の広い層、13から16は離散化したエネルギーレベル、21は共鳴したトンネル電流、22は電界が集中した領域、31は本発明の一実施例の導電帯の下端、32、33から36は離散

化したエネルギーレベル、37は基板、38は基板の上面、39は基板の上面に垂直な方向、41から43は共鳴したトンネル電流、44は電界が集中した領域である。

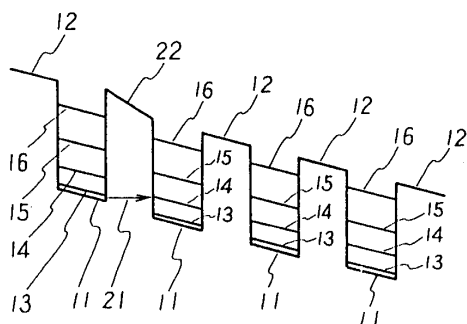
代理人 弁理士 内原 晋



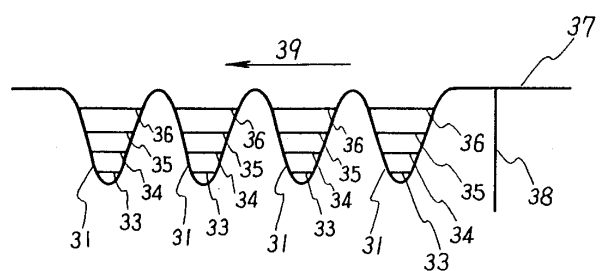
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

