

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-4535

(P2010-4535A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4R 23/00 (2006.01)	HO4R 23/00 310	4G146
CO1B 31/02 (2006.01)	CO1B 31/02 101F	5D021

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-145872 (P2009-145872)
 (22) 出願日 平成21年6月18日 (2009.6.18)
 (31) 優先権主張番号 200810067907.4
 (32) 優先日 平成20年6月18日 (2008.6.18)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 598098331
 ツインファ ユニバーシティ
 中華人民共和国 ベイジン 100084
 , ハイダン ディストリクト, ツイン
 ファ ユニバーシティ
 (71) 出願人 500080546
 鴻海精密工業股▲ふん▼有限公司
 台湾台北縣土城市自由街2號
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆

最終頁に続く

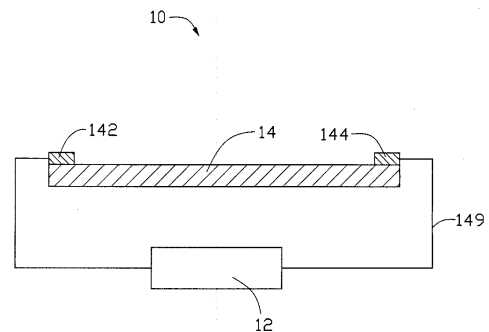
(54) 【発明の名称】 熱音響装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、熱音響装置に関し、特にカーボンナノチューブを利用した熱音響装置に関するものである。

【解決手段】本発明の装置は、信号装置と、カーボンナノチューブ構造体を含む音波発生器と、支持体と、を含む。前記音波発生器の少なくとも一部は前記支持体で支持される。前記カーボンナノチューブ構造体が前記信号装置に接続されている。前記カーボンナノチューブ構造体が少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルムを含む。各々の前記カーボンナノチューブフィルムが、相互に平行に並列された複数のカーボンナノチューブを含む。単一の前記カーボンナノチューブフィルムは、互いに絡み合った複数のカーボンナノチューブを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

信号装置と、カーボンナノチューブ構造体を含む音波発生器と、支持体と、を含み、前記音波発生器の少なくとも一部が前記支持体で支持され、前記カーボンナノチューブ構造体が前記信号装置に接続され、前記カーボンナノチューブ構造体が少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルムを含み、

単一の前記カーボンナノチューブフィルムは、互いに絡み合った複数のカーボンナノチューブを含むことを特徴とする熱音響装置。

【請求項 2】

前記カーボンナノチューブ構造体の単位面積当たりの熱容量が 0 (0 は含まず) $\sim 2 \times 10^{-4}$ J / cm² · Kであることを特徴とする、請求項 1 に記載の熱音響装置。

【請求項 3】

前記音波発生器の一部は前記支持体に設置されて、その他の部分が懸架されていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の熱音響装置。

【請求項 4】

前記カーボンナノチューブ構造体において、カーボンナノチューブが等方的に、均一に分布されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の熱音響装置。

【請求項 5】

前記カーボンナノチューブ構造体において、前記複数のカーボンナノチューブは、相互に絡み合って、多くの微小な穴を備えたカーボンナノチューブネット状に形成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の熱音響装置。

【請求項 6】

前記カーボンナノチューブ構造体は、自立構造の薄膜の形状に形成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の熱音響装置。

【請求項 7】

前記装置は少なくとも二つの電極を含み、

前記少なくとも二つの電極が所定の距離で分離して、それぞれ前記音波発生器に電氣的に接続されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の熱音響装置。

【請求項 8】

信号装置と、媒体に接するカーボンナノチューブ構造体と、支持体と、を含み、前記カーボンナノチューブ構造体の少なくとも一部が前記支持体で支持され、前記カーボンナノチューブ構造体が前記信号装置に接続され、前記カーボンナノチューブ構造体が少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルムを含み、

単一の前記カーボンナノチューブフィルムは、互いに絡み合った複数のカーボンナノチューブを含むことを特徴とする熱音響システム。

【請求項 9】

前記カーボンナノチューブ構造体は前記媒体を加熱して音を発生することを特徴とする、請求項 8 に記載の熱音響システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱音響装置に関し、特にカーボンナノチューブを利用した熱音響装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的に、音響装置は信号装置及び音波発生器を含む。前記信号装置は、信号を前記音波発生器（例えばスピーカー）に伝送する。スピーカーは電気音響変換器として、電気信号を音に変換することができる。

10

20

30

40

50

【0003】

動作原理により、スピーカーは、ダイナミックスピーカー、マグネティックスピーカー、静電気スピーカー、圧電スピーカーなどの多種に分類される。前記多種のスピーカーは、全て機械的振動によって音波を生じ、即ち、電気機械力音の変換を実現する。ここで、ダイナミックスピーカーが広く利用されている。

【0004】

図21を参照すると、従来のダイナミックスピーカー100は、ボイスコイル102と、マグネット104と、コーン106と、を含む。前記ボイスコイル102は導電部品として、前記マグネット104の間に設置されている。前記ボイスコイル102へ電流を流す場合、前記ボイスコイル102による電磁場及びマグネット104による磁場の相互作用により、前記コーン106が振動して空気の圧力変動が連続して生じるので、音波を発生することができる。しかし、前記ダイナミックスピーカー100は、磁場の作用に依存している。

10

【0005】

熱音響現象とは、音と熱が関わり合う現象であり、エネルギー変換とエネルギー輸送という2つの側面がある。熱音響装置に信号を転送すると、熱音響装置に熱が生じ、周辺の媒体へ伝播される。伝播された熱によって生じた熱膨張及び圧力波が原因で、音波が発生することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

20

【0006】

【非特許文献1】H. D. Arnold, I. B. Crandall, "The thermophone as a precision source of sound", Phys. 1917年、第10巻、第22-38頁、

【非特許文献2】Kaili Jiang, Qunqing Li, Shoushan Fan, "Spinning continuous carbon nanotube yarns", Nature, 2002年、第419巻、p. 801

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

30

非特許文献1に、熱音響現象によって製造されたサーモホン(thermophone)が掲載されている。ここで、厚さが 7×10^{-5} cmの白金片が熱音響部品として利用されている。しかし、厚さが 7×10^{-5} cmの白金片に対して、単位面積当たりの熱容量は 2×10^{-4} J/cm²・Kである。白金片の単位面積当たりの熱容量が非常に高いので、白金片を利用したサーモホンは室外に利用される場合、音が非常に弱いという課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、前記課題を解決するために、軽量の熱音響装置を提供する。本発明の熱音響装置は、磁場に依存せず、機械的振動によらずに音を発生することができる。

40

【0009】

本発明の熱音響装置は、信号装置と、カーボンナノチューブ構造体を含む音波発生器と、支持体と、を含む。前記音波発生器の少なくとも一部は前記支持体で支持される。前記カーボンナノチューブ構造体が前記信号装置に接続されている。前記カーボンナノチューブ構造体が少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルムを含む。単一の前記カーボンナノチューブフィルムは、互いに絡み合った複数のカーボンナノチューブを含む。

【0010】

前記カーボンナノチューブ構造体の単位面積当たりの熱容量が0(0は含まず)~ 2×10^{-4} J/cm²・Kである。

【0011】

50

前記音波発生器の一部は前記支持体に設置されて、その他の部分が懸架されている。

【0012】

前記カーボンナノチューブ構造体において、カーボンナノチューブが等方的に、均一に分布されている。

【0013】

前記カーボンナノチューブ構造体において、前記複数のカーボンナノチューブは、相互に絡み合っており、多くの微小な穴を備えたカーボンナノチューブネット状に形成されている。

【0014】

前記カーボンナノチューブ構造体は、自立構造の薄膜の形状に形成されている。

10

【0015】

前記装置は少なくとも二つの電極を含み、前記少なくとも二つの電極が所定の距離で分離して、それぞれ前記音波発生器に電氣的に接続されている。

【0016】

本発明の熱音響システムは、信号装置と、媒体に接するカーボンナノチューブ構造体と、支持体と、を含む。前記カーボンナノチューブ構造体の少なくとも一部が前記支持体で支持される。前記カーボンナノチューブ構造体が前記信号装置に接続されている。前記カーボンナノチューブ構造体が少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルムを含む。単一の前記カーボンナノチューブフィルムは、互いに絡み合った複数のカーボンナノチューブを含む。

20

【0017】

前記カーボンナノチューブ構造体は前記媒体を加熱することにより音を発生する。

【発明の効果】

【0018】

従来の技術と比べて、本発明の熱音響装置は次の優れた点がある。第一は、本発明の熱音響装置はカーボンナノチューブ構造体を含むので、従来のスピーカーと比べて、構成が簡単であり、軽量化及び小型化が可能である。第二は、本発明の熱音響装置はカーボンナノチューブ構造体を加熱することにより音波を発生するので、マグネットを利用する必要がない。第三は、カーボンナノチューブ構造体は、単位面積当たりの熱容量が小さく、比表面積が大きく、熱交換の速度が速いので、音を良好に発生することができる。第四は、

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施例1における熱音響装置の模式図である。

【図2】本発明の実施例1におけるカーボンナノチューブフィルムのSEM写真である。

【図3】本発明の実施例1におけるカーボンナノチューブセグメントの模式図である。

【図4】本発明の実施例1におけるカーボンナノチューブフィルムのSEM写真である。

【図5】本発明の実施例1におけるカーボンナノチューブフィルムのセグメントのSEM写真である。

【図6】本発明の実施例1におけるカーボンナノチューブワイヤのSEM写真である。

40

【図7】本発明の実施例1におけるねじれたカーボンナノチューブワイヤのSEM写真である。

【図8】本発明の実施例1における複数のカーボンナノチューブフィルム又は/及びカーボンナノチューブワイヤからなる織物の模式図である。

【図9】本発明の実施例1における熱音響装置の周波数応答曲線である。

【図10】本発明の実施例1における熱音響装置の模式図である。

【図11】本発明の実施例2における熱音響装置の模式図である。

【図12】本発明の実施例3における熱音響装置の模式図である。

【図13】本発明の実施例4における熱音響装置の模式図である。

【図14】本発明の実施例5における熱音響装置の模式図である。

50

【図 15】本発明の実施例 6 における熱音響装置の模式図である。

【図 16】本発明の実施例 6 における回路図である。

【図 17】本発明の実施例 6 における電力増幅器を使用したバイアス電圧を示すグラフである。

【図 18】本発明の実施例 7 における熱音響装置の模式図である。

【図 19】本発明の実施例 7 における熱音響装置の模式図である。

【図 20】本発明の音波発生方法のチャートである。

【図 21】従来のスピーカ-の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。

【0021】

(実施例 1)

図 1 を参照すると、本発明の熱音響装置 10 は、信号装置 12 と、音波発生器 14 と、第一電極 142 と、第二電極 144 と、を含む。前記第一電極 142 及び第二電極 144 は所定の距離で離れるように、それぞれ前記音波発生器 14 に電氣的に接続されている。且つ、前記第一電極 142 及び第二電極 144 はそれぞれ前記信号装置 12 に電氣的に接続されている。前記第一電極 142 及び第二電極 144 により、前記信号装置 12 からの信号を前記音波発生器 14 へ転送する。

【0022】

前記音波発生器 14 はカーボンナノチューブ構造体を含む。該カーボンナノチューブ構造体は大きな比表面積（例えば、 $100 \text{ m}^2 / \text{g}$ 以上）を有する。該カーボンナノチューブ構造体の単位面積当たりの熱容量は、 0 （ 0 は含まず） $\sim 2 \times 10^{-4} \text{ J} / \text{cm}^2 \cdot \text{K}$ であるが、好ましくは、 0 （ 0 は含まず） $\sim 1.7 \times 10^{-6} \text{ J} / \text{cm}^2 \cdot \text{K}$ であり、本実施例では、 $1.7 \times 10^{-6} \text{ J} / \text{cm}^2 \cdot \text{K}$ である。さらに、前記カーボンナノチューブ構造体の表面に、金属層を形成することができる。前記カーボンナノチューブ構造体には、複数のカーボンナノチューブが均一に分散されている。該複数のカーボンナノチューブは分子間力で接続されている。前記カーボンナノチューブ構造体は、金属型のカーボンナノチューブを含む必要がある。前記カーボンナノチューブ構造体に、前記複数のカーボンナノチューブが配向し又は配向せずに配置されている。前記複数のカーボンナノチューブの配列方式により、前記カーボンナノチューブ構造体は非配向型のカーボンナノチューブ構造体及び配向型のカーボンナノチューブ構造体の二種に分類される。本実施例における非配向型のカーボンナノチューブ構造体では、カーボンナノチューブが異なる方向に沿って配置され、又は絡み合っている。配向型のカーボンナノチューブ構造体では、前記複数のカーボンナノチューブが同じ方向に沿って配列している。又は、配向型のカーボンナノチューブ構造体において、配向型のカーボンナノチューブ構造体が二つ以上の領域に分割される場合、各々の領域における複数のカーボンナノチューブが同じ方向に沿って配列されている。この場合、異なる領域におけるカーボンナノチューブの配列方向は異なる。前記カーボンナノチューブは、単層カーボンナノチューブ、二層カーボンナノチューブ又は多層カーボンナノチューブである。前記カーボンナノチューブが単層カーボンナノチューブである場合、直径は $0.5 \text{ nm} \sim 50 \text{ nm}$ に設定され、前記カーボンナノチューブが二層カーボンナノチューブである場合、直径は $1 \text{ nm} \sim 50 \text{ nm}$ に設定され、前記カーボンナノチューブが多層カーボンナノチューブである場合、直径は $1.5 \text{ nm} \sim 50 \text{ nm}$ に設定される。

【0023】

前記カーボンナノチューブ構造体は平板型であり、その厚さは $0.5 \text{ nm} \sim 1 \text{ mm}$ に設けられている。前記カーボンナノチューブ構造体の比表面積が小さくなるほど、前記カーボンナノチューブ構造体の単位面積当たりの熱容量が高くなる。前記カーボンナノチューブ構造体の単位面積当たりの熱容量が高くなるほど、前記熱音響装置の音圧が低くなる。

【0024】

10

20

30

40

50

前記カーボンナノチューブ構造体は、図2に示す、少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルム143aを含む。単一の前記カーボンナノチューブフィルム143aにおいて、複数のカーボンナノチューブが同じ方向に沿って、端と端が接続されている。図2及び図3を参照すると、単一の前記カーボンナノチューブフィルム143aは、複数のカーボンナノチューブセグメント143bを含む。前記複数のカーボンナノチューブセグメント143bは、長さ方向に沿って分子間力で端と端が接続されている。それぞれのカーボンナノチューブセグメント143bは、相互に平行に、分子間力で結合された複数のカーボンナノチューブ145を含む。単一の前記カーボンナノチューブセグメント143bにおいて、前記複数のカーボンナノチューブ145の長さが同じである。前記カーボンナノチューブフィルム143aを有機溶剤に浸漬させることにより、前記カーボンナノチューブフィルム143aの強靱性及び機械強度を高めることができる。有機溶剤に浸漬された前記カーボンナノチューブフィルム143aの単位面積当たりの熱容量が低くなるので、その熱音響効果を高めることができる。前記カーボンナノチューブフィルム143aの幅は100 μm ~10cmに設けられ、厚さは0.5nm~100 μm に設けられる。

10

20

30

40

50

【0025】

前記カーボンナノチューブ構造体は、積層された複数の前記カーボンナノチューブフィルムを含むことができる。この場合、隣接する前記カーボンナノチューブフィルムは、分子間力で結合されている。隣接する前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブは、それぞれ0°~90°の角度で交差している。隣接する前記カーボンナノチューブフィルムにおけるカーボンナノチューブが0°以上の角度で交差する場合、前記カーボンナノチューブ構造体に複数の微孔が形成される。又は、前記複数のカーボンナノチューブフィルムは、隙間なく並列されることもできる。

【0026】

又は、単一の前記カーボンナノチューブフィルムは、ほぼ同じ長さを有する複数のカーボンナノチューブを含む。単一の前記カーボンナノチューブフィルムにおいて、前記複数のカーボンナノチューブは、同じ方向に沿って、均一に並列されている。単一の前記カーボンナノチューブフィルムの厚さは、10nm~100 μm である。前記複数のカーボンナノチューブは、それぞれ前記複数のカーボンナノチューブフィルムの表面に平行に配列され、相互に平行に配列されている。隣接する前記カーボンナノチューブは所定の距離で分離して設置される。前記距離は0~5 μm である。前記距離が0 μm である場合、隣接する前記カーボンナノチューブは分子間力で接続されている。前記カーボンナノチューブフィルムにおける各々の前記カーボンナノチューブの長さは、前記カーボンナノチューブフィルムの長さと同じである。単一の前記カーボンナノチューブの長さは、1cm以上であり、1cm~30cmであることが好ましい。さらに、各々の前記カーボンナノチューブ145に結節がない。本実施形態において、前記カーボンナノチューブフィルムの厚さは10 μm である。単一の前記カーボンナノチューブ145の長さは10cmである。

【0027】

前記カーボンナノチューブ構造体は、少なくとも一枚のカーボンナノチューブフィルムを含む。図4を参照すると、単一の前記カーボンナノチューブフィルムにおいて、複数のカーボンナノチューブは、絡み合い、等方的に配列されている。前記カーボンナノチューブ構造体においては、前記複数のカーボンナノチューブが均一に分布されている。複数のカーボンナノチューブは配向せずに配置されている。単一の前記カーボンナノチューブの長さは、100nm以上であり、100nm~10cmであることが好ましい。前記カーボンナノチューブ構造体は、自立構造の薄膜の形状に形成されている。ここで、自立構造は、支持体材を利用せず、前記カーボンナノチューブ構造体を独立して利用することができるという形態である。前記複数のカーボンナノチューブは、分子間力で接近して、相互に絡み合っ、カーボンナノチューブネット状に形成されている。前記複数のカーボンナノチューブは配向せずに配置されて、多くの微小な穴が形成されている。ここで、単一の前記微小な穴の直径が10 μm 以下になる。前記カーボンナノチューブ構造体におけるカーボンナノチューブは、相互に絡み合っ配置されるので、該カーボンナノチューブ構造

体は柔軟性に優れ、任意の形状に湾曲して形成させることができる。用途に応じて、前記カーボンナノチューブ構造体の長さ及び幅を調整することができる。前記カーボンナノチューブ構造体の厚さは、0.5 nm ~ 1 mmである。

【0028】

前記カーボンナノチューブ構造体は、一つのカーボンナノチューブフィルムのセグメントを含む。図5を参照すると、前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントにおけるカーボンナノチューブは、相互に平行し、所定の方向に沿って配列されている。前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントにおいて、少なくとも一本のカーボンナノチューブの長さは、前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントの全長と同じである。従って、前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントの一つの寸法は、前記カーボンナノチューブの長さによって制限されている。前記カーボンナノチューブ構造体は、積層された複数の前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントを含むことができる。この場合、隣接する前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントは、分子間力で結合されている。前記カーボンナノチューブフィルムのセグメントの厚さは、0.5 nm ~ 100 μmである。

10

【0029】

前記カーボンナノチューブ構造体は少なくとも一本のカーボンナノチューブワイヤを含む。一本の前記カーボンナノチューブワイヤの熱容量は、0 (0は含まず) ~ 2×10^{-4} J / cm² · Kであり、 5×10^{-5} J / cm² · Kであることが好ましい。一本の前記カーボンナノチューブワイヤの直径は4.5 nm ~ 1 cmである。図6を参照すると、前記カーボンナノチューブワイヤは、分子間力で接続された複数のカーボンナノチューブからなる。この場合、一本のカーボンナノチューブワイヤは、端と端とが接続された複数のカーボンナノチューブセグメント(図示せず)を含む。前記カーボンナノチューブセグメントは、同じ長さ及び幅を有する。さらに、各々の前記カーボンナノチューブセグメントに、同じ長さの複数のカーボンナノチューブが平行に配列されている。前記複数のカーボンナノチューブはカーボンナノチューブワイヤの中心軸に平行に配列されている。この場合、一本の前記カーボンナノチューブワイヤの直径は、1 μm ~ 1 cmである。図7を参照すると、前記カーボンナノチューブワイヤをねじり、ねじれ状カーボンナノチューブワイヤを形成することができる。ここで、前記複数のカーボンナノチューブは前記カーボンナノチューブワイヤの中心軸を軸に、螺旋状に配列されている。この場合、一本の前記カーボンナノチューブワイヤの直径は、1 μm ~ 1 cmである。前記カーボンナノチューブ構造体は、前記非-ねじれ状カーボンナノチューブワイヤ、ねじれ状カーボンナノチューブワイヤ又はそれらの組み合わせのいずれか一種からなる。

20

30

【0030】

前記カーボンナノチューブ構造体が複数のカーボンナノチューブワイヤを含む場合、前記複数のカーボンナノチューブワイヤは平行に並列され、又は交叉して織られ、又はねじれ状とされることができる。図8に複数のカーボンナノチューブワイヤ146からなる織物が示されている。該織物の対向する両端に、それぞれ第一電極142及び第二電極144を設置する。前記第一電極142及び第二電極144は前記カーボンナノチューブワイヤ146と電気的に接続されている。

40

【0031】

前記カーボンナノチューブ構造体は柔軟であるので、前記カーボンナノチューブ構造体を多種の形状に形成でき、さらに、前記カーボンナノチューブ構造体を硬い絶縁体又は柔軟な絶縁体(例えば旗又は布)の表面に設置することができる。前記カーボンナノチューブ構造体が設置された旗が風にはためく場合、前記音波発生器14として利用されることができる。前記カーボンナノチューブ構造体が設置された布は、MP3のようなプレーヤーとして音楽を再生することができる。さらに、前記カーボンナノチューブ構造体が設置された布を利用することにより、身体障害者(例えば聴覚障害者)を助けることができる。

【0032】

50

前記音波発生器 14 に利用したカーボンナノチューブ構造体の一部が破損した場合でも、前記カーボンナノチューブ構造体により音波を発生することもできる。これに対して、従来のスピーカーの振動板又はコーンが損傷した場合、音波を発生することができない。

【0033】

図 1 に示されるように、本実施例の音波発生器 14 はカーボンナノチューブ構造体を含む。前記カーボンナノチューブ構造体はカーボンナノチューブフィルムを含む。該カーボンナノチューブフィルムにおいて、カーボンナノチューブが同じ方向に沿って配列されている。前記音波発生器 14 の長さは 3 cm であり、その幅は 3 cm であり、その厚さは 50 nm である。前記音波発生器 14 が薄く（厚さが 10 μm 以下）設けられる場合、該音波発生器 14 は優れた透明性を有する。従って、前記透明な音波発生器 14 を利用することにより、透明な熱音響装置を製造することができる。前記透明な熱音響装置は、例えば携帯電話又は LCD の表面に設置されることができる。又は、前記透明な熱音響装置は絵の表面に貼ることができる。前記透明な音波発生器 14 を利用することにより、熱音響装置は小型及び軽量であるという優れた点がある。

10

【0034】

前記第一電極 142 及び第二電極 144 は金属、導電接着剤、カーボンナノチューブ、ITO のいずれかの導電材料からなる。本実施例において、前記第一電極 142 及び第二電極 144 は棒状の金属電極である。前記音波発生器 14 はそれぞれ前記第一電極 142 及び第二電極 144 に電氣的に接続されている。前記音波発生器 14 に利用したカーボンナノチューブ構造体は接着性を有するので、前記音波発生器 14 を直接前記第一電極 142 及び第二電極 144 に接着させることができる。さらに、前記第一電極 142 及び第二電極 144 は、導電線 149 によってそれぞれ前記信号装置 12 の両端に接続されている。

20

【0035】

前記第一電極 142 又は第二電極 144 と前記音波発生器 14 とを良好に電氣的に接続させるために、前記第一電極 142 又は第二電極 144 と前記音波発生器 14 との間に導電性接着層（図示せず）を設置することもできる。前記導電性接着層は、前記音波発生器 14 の表面に設置されることができる。前記導電性接着層は銀ペーストからなる。

【0036】

前記信号装置 12 は、電気信号装置、直流電流脈動信号装置、交流電流装置、電磁波信号装置（例えば、光学信号装置、レーザー）のいずれか的一种である。前記信号装置 12 から前記音波発生器 14 へ転送された信号は、例えば、電磁波（例えば、光学信号）、電気信号（例えば、交流電流、直流電流脈動信号、オーディオ電気信号）又はそれらの混合信号である。前記信号はカーボンナノチューブ構造体に受信されて熱として放射される。熱の放射によって周辺媒体（環境）の圧力強度が変化するので、検出可能信号を発生することができる。前記熱音響装置 10 をイヤホンに利用した場合、前記入力信号は AC 電気信号又はオーディオ電気信号である。前記熱音響装置 10 を光音響スペクトルデバイスに利用した場合、前記入力信号は光学信号である。本実施例において、前記信号装置 12 は光音響スペクトルであり、入力信号は電気信号である。

30

【0037】

異なるタイプの前記信号装置 12 に対して、前記第一電極 142 及び第二電極 144 の設置は選択的である。例えば、前記信号装置 12 からの信号が電磁波又は光である場合、前記信号装置 12 は前記第一電極 142 及び第二電極 144 を利用せず、信号を前記音波発生器 14 に転送することができる。

40

【0038】

前記信号装置 12 において、前記音波発生器 14 の前記カーボンナノチューブ構造体は複数のカーボンナノチューブを含み、単位面積当たりの熱容量が小さいので、前記音波発生器 14 で生じた温度波により周辺の媒体に圧力振動を発生させることができる。前記音波発生器 14 のカーボンナノチューブ構造体に信号（例えば、電気信号）を転送すると、信号強度及び/又は信号によって前記カーボンナノチューブ構造体に熱が生じる。温度波

50

の拡散により、周辺の空気が熱膨張されて音が生じる。この原理は、従来のスピーカーにおける振動板の機械振動によって生じた圧力波により音を発生させる原理とは大きく異なる。前記入力信号が電気信号である場合、前記熱音響装置 10 は、電気熱音の変換方式によって作動するが、前記入力信号が光学信号である場合、前記熱音響装置 10 は、光熱音の変換方式によって作動する。前記光学信号のエネルギーは前記音波発生器 14 で吸収されて、熱として放射される。熱の放射によって周辺媒体（環境）の圧力強度が変化するので、検出可能信号を発生させることができる。

【0039】

図 9 は本発明の実施例 1 における熱音響装置の周波数応答曲線である。この場合、50 V の交流電気信号を前記カーボンナノチューブ構造体に提供する。前記熱音響装置 10 の性能を検出するために、前記音波発生器 14 と 5 cm の距離で分離して、前記音波発生器 14 の一側に対向してマイクロホンを設置する。図 9 から、前記熱音響装置 10 の周波数応答範囲が広く、音圧レベルが高いことが理解できる。前記熱音響装置 10 の音圧レベルは 50 dB ~ 105 dB である。前記熱音響装置 10 に 4.5 W の電圧を印加する場合、前記熱音響装置 10 の周波数応答範囲は、1 Hz ~ 100 KHz である。前記熱音響装置 10 の高調波歪みは非常に小さく、例えば、500 Hz ~ 40 KHz の範囲においてわずか 3 % に達することができる。

10

【0040】

前記熱音響装置 10 の前記カーボンナノチューブ構造体が、五本の前記カーボンナノチューブワイヤを含む場合、隣接する前記カーボンナノチューブワイヤの間の距離は 1 cm であり、一本の前記カーボンナノチューブワイヤの直径は 50 μm である。前記カーボンナノチューブ構造体に 50 V の交流電気信号を転送する場合、前記熱音響装置 10 で生じた音圧レベルは 50 dB ~ 100 dB である。前記熱音響装置 10 に 4.5 W の電圧を印加する場合、前記熱音響装置 10 の周波数応答範囲は、100 Hz ~ 100 KHz である。

20

【0041】

さらに、前記カーボンナノチューブ構造体が優れた機械強度及び強靱性を有するので、前記カーボンナノチューブ構造体を、所望の形状及び寸法に設けることが可能であり、これにより、多数の所望の形状及び寸法の熱音響装置 10 を得ることが可能である。前記熱音響装置 10 は、例えば音響システム、携帯電話、MP3、MP4、TV、コンピューターなどに利用できる。

30

【0042】

（実施例 2）

図 10 を参照すると、本実施例の熱音響装置 20 は、信号装置 22 と、音波発生器 24 と、第一電極 242 と、第二電極 244 と、第三電極 246 と、第四電極 248 と、を含む。本実施例の熱音響装置 20 の構成、特性、機能は、実施例 1 の熱音響装置 10 と同じである。本実施例と実施例 1 との異なる点は、本実施例の熱音響装置 20 は四つの電極（第一電極 242、第二電極 244、第三電極 246、第四電極 248）を含むことである。前記四つの電極は棒状であり、それぞれ所定の距離で分離して設置されている。前記音波発生器 24 は前記四つの電極を囲むように、前記四つの電極に電氣的に接続されている。さらに、前記第一電極 242 及び第三電極 246 は第一導電線 249 で前記信号装置 22 の一つの端部に電氣的に並列接続されている。前記第二電極 244 及び第四電極 248 は第二導電線 249' で前記信号装置 22 のもう一つの端部に電氣的に並列接続されている。前記電極を前記信号装置 22 に並列接続させるので、前記熱音響装置 20 に印加される電圧が低い。

40

【0043】

図 11 を参照すると、前記四つの電極は同じ平面に設置されることができる。この場合、前記四つの電極に制限されず、前記熱音響装置 20 に複数の電極を設置することができる。

【0044】

50

(実施例3)

図12を参照すると、本実施例の熱音響装置30は、信号装置32と、音波発生器34と、第一電極342と、第二電極344と、を含む。本実施例の熱音響装置30の構成、特性、機能は、実施例1の熱音響装置10と同じである。本実施例と実施例1との異なる点は、本実施例の熱音響装置20は支持体36を含むことである。前記音波発生器34は前記支持体36の表面に設置される。前記音波発生器34の形状に応じ、前記支持体36の形状が決定される。前記支持体36は平面状又はノ及び湾曲面状である。前記支持体36は、スクリーン、壁、机、ディスプレイのいずれか一種である。前記音波発生器34を前記支持体36に接触させることができる。

【0045】

前記支持体36は、ダイヤモンド、ガラス、石英のような固い材料、又はプラスチック、樹脂、織物のような柔軟な材料からなる。前記支持体36は熱絶縁性を有し、前記音波発生器34で生じた熱を吸収することができない。さらに、前記支持体36と前記音波発生器34と接触する表面が粗く設けられることが好ましい。これにより、前記音波発生器34と周辺の触媒とが接触する面積を増加させることができる。前記カーボンナノチューブ構造体は比表面積が大きいので、前記音波発生器34を直接前記支持体36に接着させることができる。

【0046】

前記音波発生器34及び前記支持体36を良好に接続させるために、前記音波発生器34及び前記支持体36の間に接着層(図示せず)を設置することができる。前記接着層は、前記音波発生器34の表面に設置されることができる。本実施例において、前記導電な接着層は銀ペーストからなる。

【0047】

前記第一電極342及び第二電極344は、前記音波発生器34の同じ表面に設置され、又はそれぞれ前記音波発生器34の対向する表面に設置されている。前記二つの電極に制限されず、前記熱音響装置20に複数の電極を設置することができる。前記信号装置32は導電線349によって前記音波発生器34に接続されている。

【0048】

(実施例4)

図13を参照すると、本実施例の熱音響装置40は、信号装置42と、音波発生器44と、支持体46と、第一電極442と、第二電極444と、第三電極446と、第四電極448と、を含む。本実施例の熱音響装置30の構成、特性、機能は、実施例1の熱音響装置10と同じである。本実施例と実施例3との異なる点は、前記音波発生器44は前記支持体46を囲むように設置されることである。前記支持体46は、例えば、立方体、錐体、円筒状のような三次元又は二次元の構造である。本実施例において、前記支持体46は円筒状であり、第一電極442と、第二電極444と、第三電極446と、第四電極448とは、それぞれ所定の距離で分離して、前記音波発生器44に電氣的に接続される。第一電極442、第二電極444、第三電極446、及び第四電極448が前記信号装置42と接続する方式は、実施例1と同じである。勿論、前記四つの電極に制限されず、前記熱音響装置40に複数の電極を設置することができる。

【0049】

(実施例5)

図14を参照すると、本実施例の熱音響装置50は、信号装置52と、音波発生器54と、支持体56と、第一電極542と、第二電極544と、を含む。本実施例の熱音響装置50の構成、特性、機能は、実施例3の熱音響装置30と同じである。本実施例と実施例3との異なる点は、前記音波発生器54の一部を前記支持体56に設置することにより、前記音波発生器54及び前記支持体56から音収集のスペースを形成することである。前記音波発生器54の周辺が前記支持体56に固定され、その他の部分が懸架されているので、前記音波発生器54の懸架された部分が周辺の媒体と接触する面積は大きい。図2を参照すると、二枚の図2に示されたカーボンナノチューブフィルムは、枠部722に

10

20

30

40

50

接着されている。前記スペースは、閉鎖的な空間又は開放的な空間である。前記支持体 56 は U 形又は L 形である。前記熱音響装置 50 は二つ以上の前記支持体 56 を含むことができる。前記支持体 56 は、木、プラスチック、金属、ガラスのいずれか一種である。図 14 を参照すると、本実施例において、前記支持体 56 は L 形であり、前記音波発生器 54 は前記支持体の第一端 562 から前記第二端 564 に延伸するので、前記音波発生器 54 及び前記支持体 56 から音収集のスペースを形成することができる。前記第一電極 542 及び第二電極 544 は前記音波発生器 54 の表面に設置され、且つ前記信号装置 52 に電氣的に接続されている。これにより、前記音波発生器 54 によって生じた音は、前記支持体 56 の内壁で反射されるので、前記熱音響装置 50 の音響機能を高めることができる。

10

【0050】

(実施例 6)

図 15 及び図 16 を参照すると、本実施例の熱音響装置 60 は、信号装置 62 と、音波発生器 64 と、二つの電極 642 と、電力増幅器 66 と、を含む。本実施例の熱音響装置 60 の構成、特性、機能は、実施例 1 の熱音響装置 10 と同じである。本実施例と実施例 1 との異なる点は、本実施例の熱音響装置 60 は電力増幅器 66 を含むことである。前記電力増幅器 66 は前記信号装置 62 と電氣的に接続されている。さらに、前記信号装置 62 は、信号出力装置 (図示せず) を含み、該信号出力装置は前記信号装置 62 と電氣的に接続されている。前記電力増幅器 66 により、前記信号装置 62 からの信号の出力を増幅させて、前記音波発生器 64 へ転送することができる。前記電力増幅器 66 は二つの出力部 664 及び入力部 662 を含む。前記入力部 662 は前記信号装置 62 に電氣的に接続され、前記出力部 664 は前記音波発生器 64 に電氣的に接続されている。

20

【0051】

図 17 を参照すると、前記熱音響装置 60 に交流電流を提供する場合、前記音波発生器 64 の出力信号の周波数は入力信号の周波数より二倍程度高くなることができる。この原因は、前記音波発生器 64 に交流電流が流れ、前記音波発生器 64 を正電流及び負電流で交互に加熱させるので、二倍の周波数温度振動及び二倍の周波数音圧が生じる。従って、従来の電力増幅器 (例えば、パイポラ増幅器) を利用する場合、出力信号 (人声又は音楽) が入力信号の二倍程度になるので、変に聞こえる。

【0052】

前記電力増幅器 66 は、増幅信号 (例えば、電圧信号) 及びバイアス電圧を前記音波発生器 64 に提供して、入力信号を減少させることができる。図 16 を参照すると、前記電力増幅器 66 は A 級の電力増幅器であり、第一抵抗 R1 と、第二抵抗 R2 と、第三抵抗 R3 と、コンデンサと、三極管と、を含む。前記三極管は、ベース B と、エミッタ E と、コレクター C と、を含む。前記コンデンサは前記信号装置 62 の信号出力端及び前記三極管のベース B に接続されている。DC 電圧 Vcc 及び前記第一抵抗 R1 は、前記三極管のベース B に接続されている。前記三極管のベース B は、前記第二抵抗 R2 に接続されている。前記エミッタ E は前記電力増幅器 66 の一つの出力部 664 に電氣的に接続されている。DC 電圧 Vcc は前記電力増幅器 66 のもう一つの出力部 664 に電氣的に接続されている。前記コレクター C は前記第三抵抗 R3 に接続されている。前記電力増幅器 66 の二つの出力部 664 はそれぞれ前記二つの電極 642 に接続されている。前記抵抗 R2 及び抵抗 R3 はそれぞれ接地されている。

30

40

【0053】

前記音波発生器 64 に複数の電極が電氣的に接続されることができる。隣接する前記電極は、前記電力増幅器 66 の異なる端部 664 に接続されている。前記電極を設置しない場合、前記電力増幅器 66 の二つの出力部 664 は、導電線により前記音波発生器 64 に電氣的に接続されている。

【0054】

図 15 を参照すると、前記信号装置 62 からの信号の周波数を減少させるために、周波数低減回路 69 を設置する。前記周波数低減回路 69 は、例えば信号周波数を半分に低減

50

させた後、前記信号を前記電力増幅器 66 へ転送することができる。前記電力増幅器 66 は例えば従来の電力増幅器であり、増幅した電圧信号及びバイアス電圧を前記音波発生器 64 に提供しない。前記周波数低減回路 69 は電力増幅器 66 に集積して設置されることができる。

【0055】

(実施例 7)

図 18 及び図 19 を参照すると、本実施例の熱音響装置 60 は実施例 6 と比べて、複数の音波発生器 64 と検量器 68 とを含む。前記検量器 68 は前記電力増幅器 66 の入力部 662 又は出力部 664 に接続されている。図 18 を参照すると、前記検量器 68 が前記電力増幅器 66 の出力部 664 に接続される場合、前記検量器 68 は前記電力増幅器 66 からの増幅した信号を、複数の周波数帯域のサブ信号に分け、前記サブ信号をそれぞれ前記複数の音波発生器 64 に転送する。図 19 を参照すると、前記検量器 68 が前記電力増幅器 66 の入力部 662 に接続される場合、前記熱音響装置 60 は複数の電力増幅器 66 を含む。前記検量器 68 は前記信号装置 62 からの信号を、複数の周波数帯域のサブ信号に分け、前記サブ信号をそれぞれ前記複数の電力増幅器 66 に転送する。各々の前記電力増幅器 66 は、一つの音波発生器 64 に対応している。

10

【0056】

図 20 を参照すると、本発明による音波を発生させる方法は、カーボンナノチューブ構造体を提供する第一ステップと、前記カーボンナノチューブ構造体に信号を転送して、前記カーボンナノチューブ構造体に熱が生じる第二ステップと、熱が前記カーボンナノチューブ構造体に接触する媒体へ放射される第三ステップと、熱音響効果が発生する第四ステップと、を含む。

20

【0057】

前記第一ステップにおいて、前記カーボンナノチューブ構造体は、前記熱音響装置 10 に利用したカーボンナノチューブ構造体と同じである。前記第二ステップにおいて、前記信号は、少なくとも二つの電極により前記信号装置に転送される。前記第三及び第四ステップにおいて、前記カーボンナノチューブ構造体に生じた熱は、周辺の媒体を加熱させる。周辺の媒体を繰り返し加熱させることにより、音波を発生させることができる。上述は熱音響効果というものである。

【符号の説明】

30

【0058】

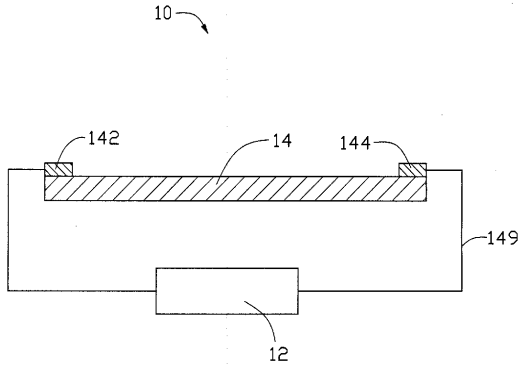
- 10 熱音響装置
- 100 スピーカー
- 102 ボイスコイル
- 104 マグネット
- 106 コーン
- 12 信号装置
- 14 音波発生器
- 142 第一電極
- 143 a カーボンナノチューブフィルム
- 143 b カーボンナノチューブセグメント
- 144 第二電極
- 145 カーボンナノチューブ
- 146 カーボンナノチューブワイヤ
- 149 導電線
- 20 熱音響装置
- 22 信号装置
- 24 音波発生器
- 242 第一電極
- 244 第二電極

40

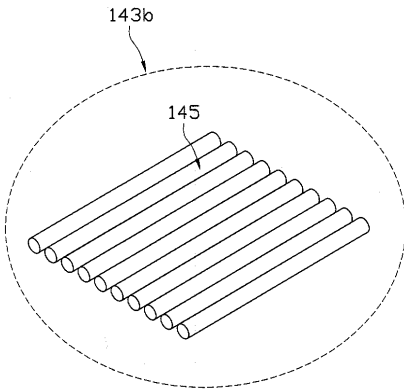
50

2 4 6	第三電極	
2 4 8	第四電極	
2 4 9	第一導電線	
2 4 9	第二導電線	
3 0	熱音響裝置	
3 2	信號裝置	
3 4	音波發生器	
3 4 2	第一電極	
3 4 4	第二電極	
3 4 9	導電線	10
3 6	支持體	
4 0	熱音響裝置	
4 2	信號裝置	
4 4	音波發生器	
4 4 2	第一電極	
4 4 4	第二電極	
4 4 6	第三電極	
4 4 8	第四電極	
4 4 9	導電線	20
5 0	熱音響裝置	20
5 2	信號裝置	
5 4	音波發生器	
5 4 2	第一電極	
5 4 4	第二電極	
5 4 9	導電線	
5 6	支持體	
5 6 2	第一端	
5 6 4	第二端	
6 0	熱音響裝置	
6 2	信號裝置	30
6 4	音波發生器	
6 6	電力增幅器	
6 6 2	入力部	
6 6 4	出力部	
6 9	周波數低減回路	

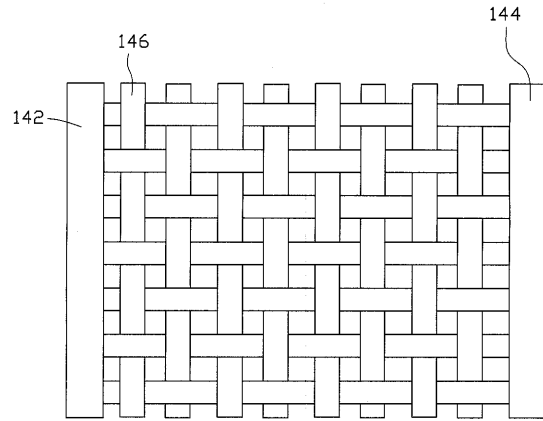
【 図 1 】



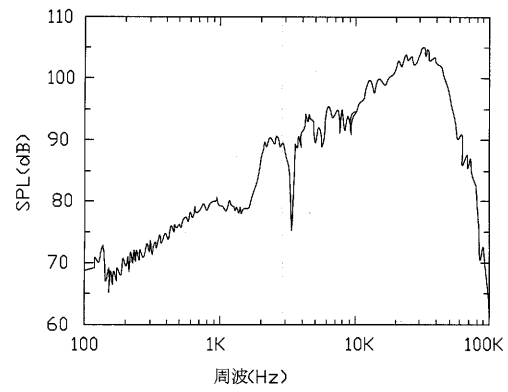
【 図 3 】



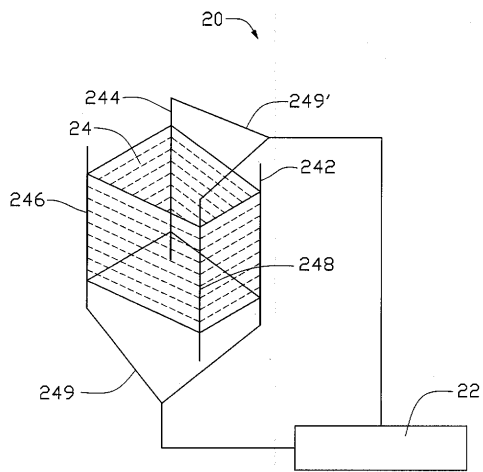
【 図 8 】



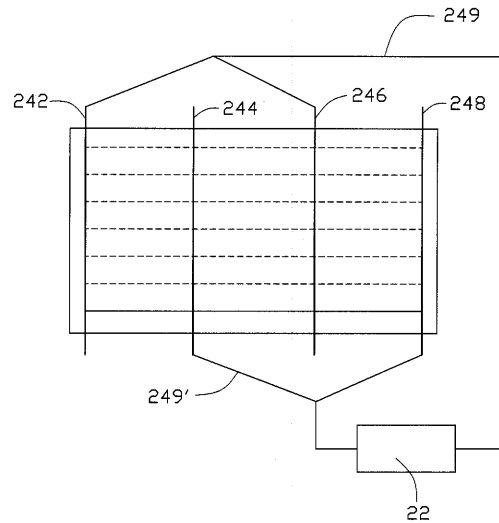
【 図 9 】



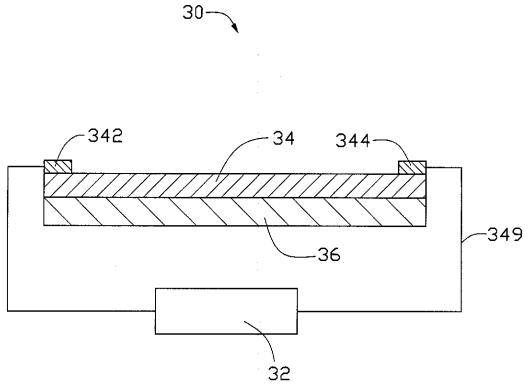
【 図 1 0 】



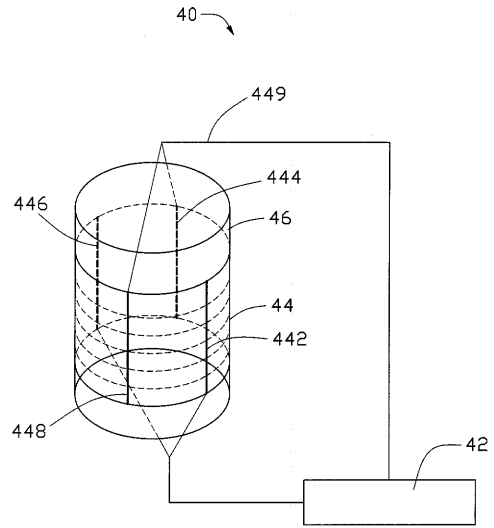
【 図 1 1 】



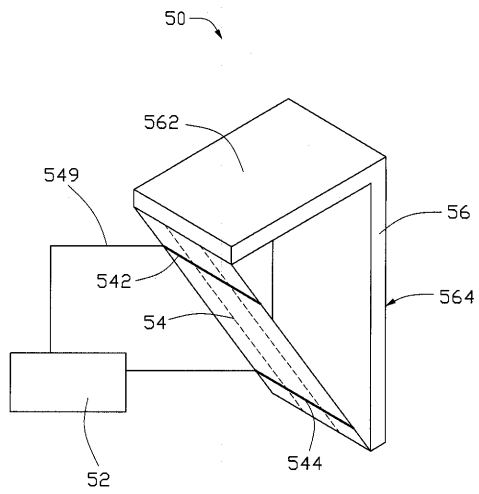
【 図 1 2 】



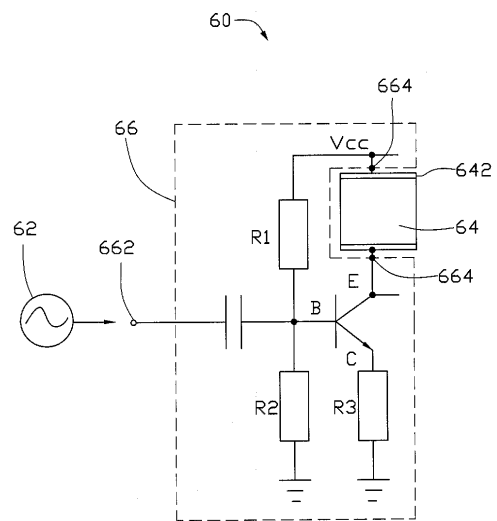
【 図 1 3 】



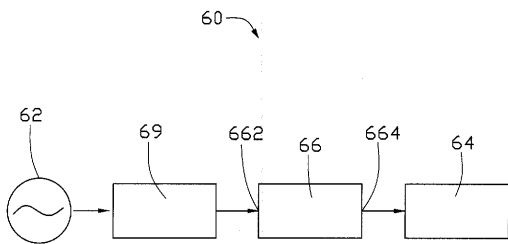
【 図 1 4 】



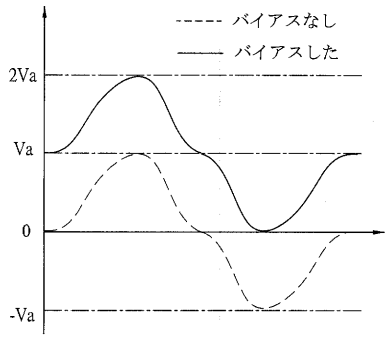
【 図 1 6 】



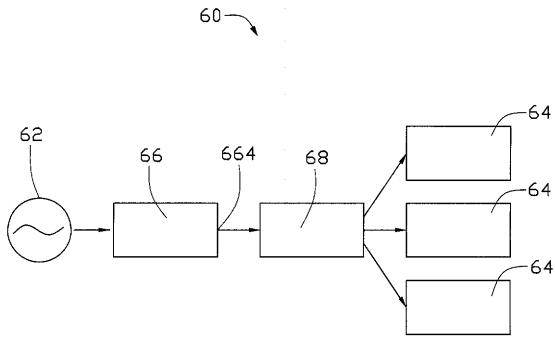
【 図 1 5 】



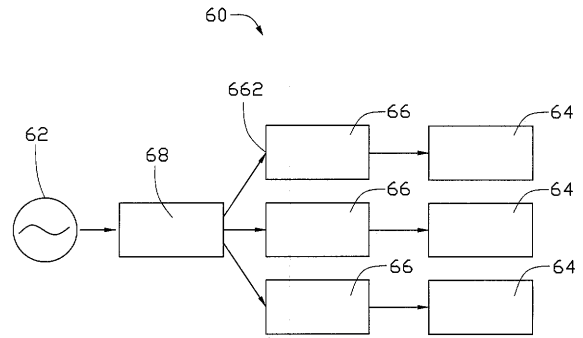
【図 17】



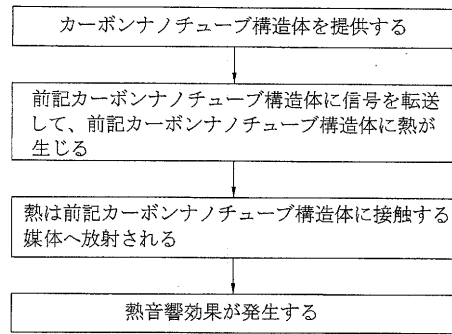
【図 18】



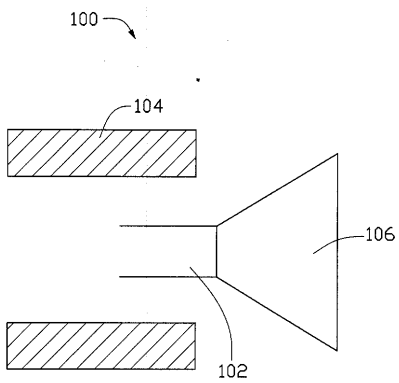
【図 19】



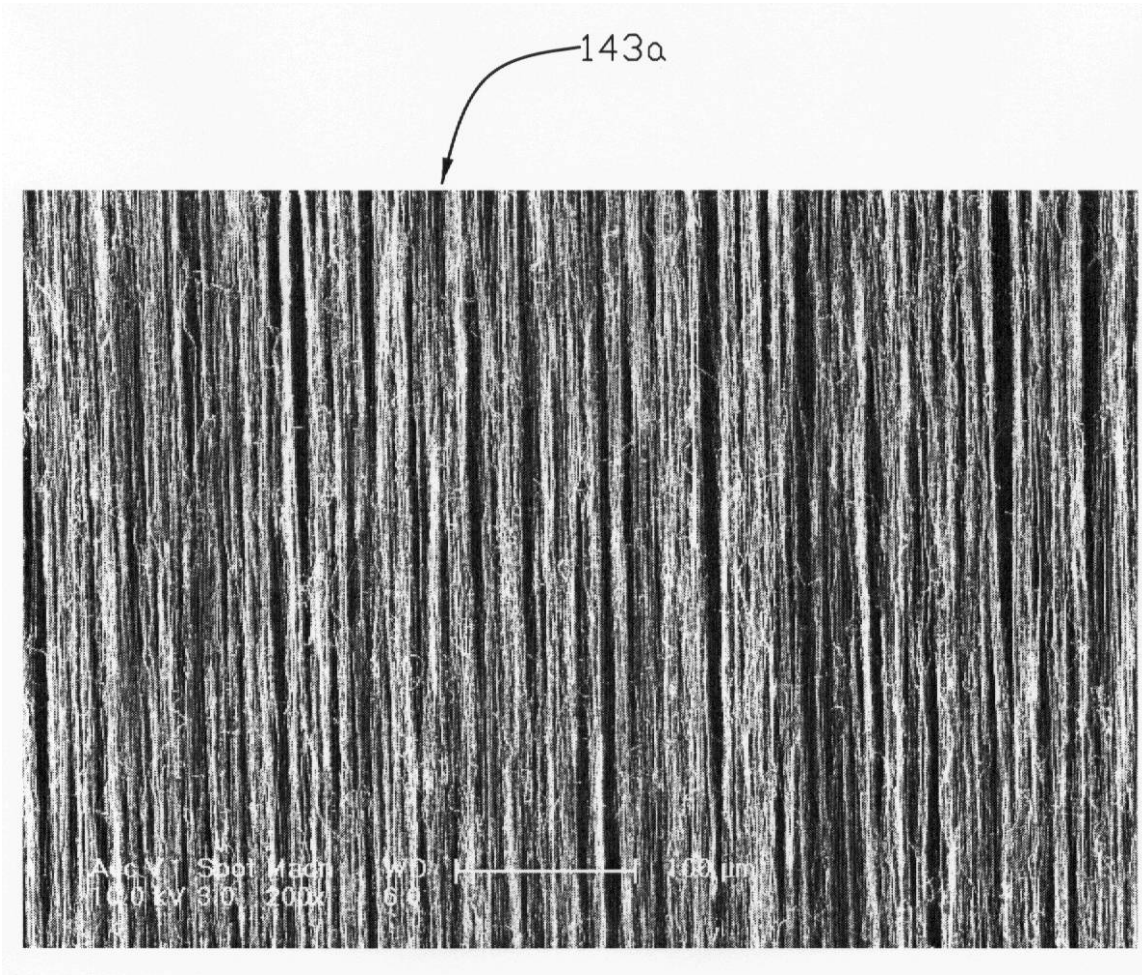
【図 20】



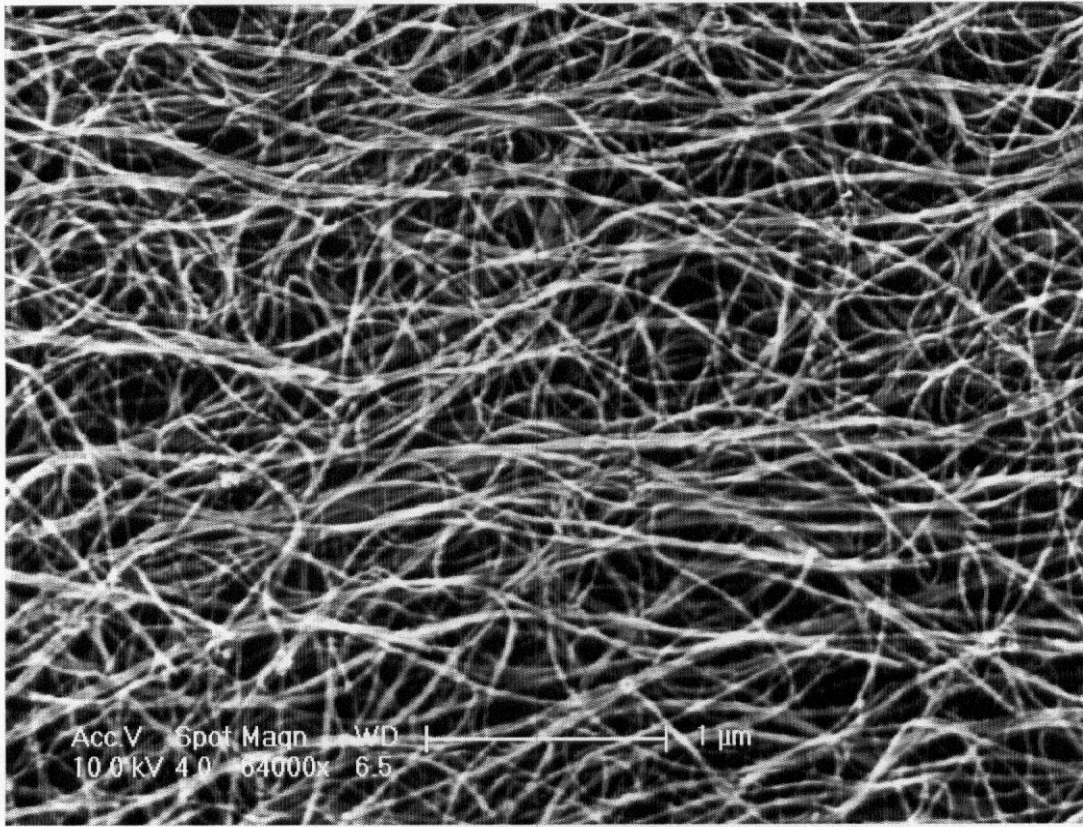
【図 21】



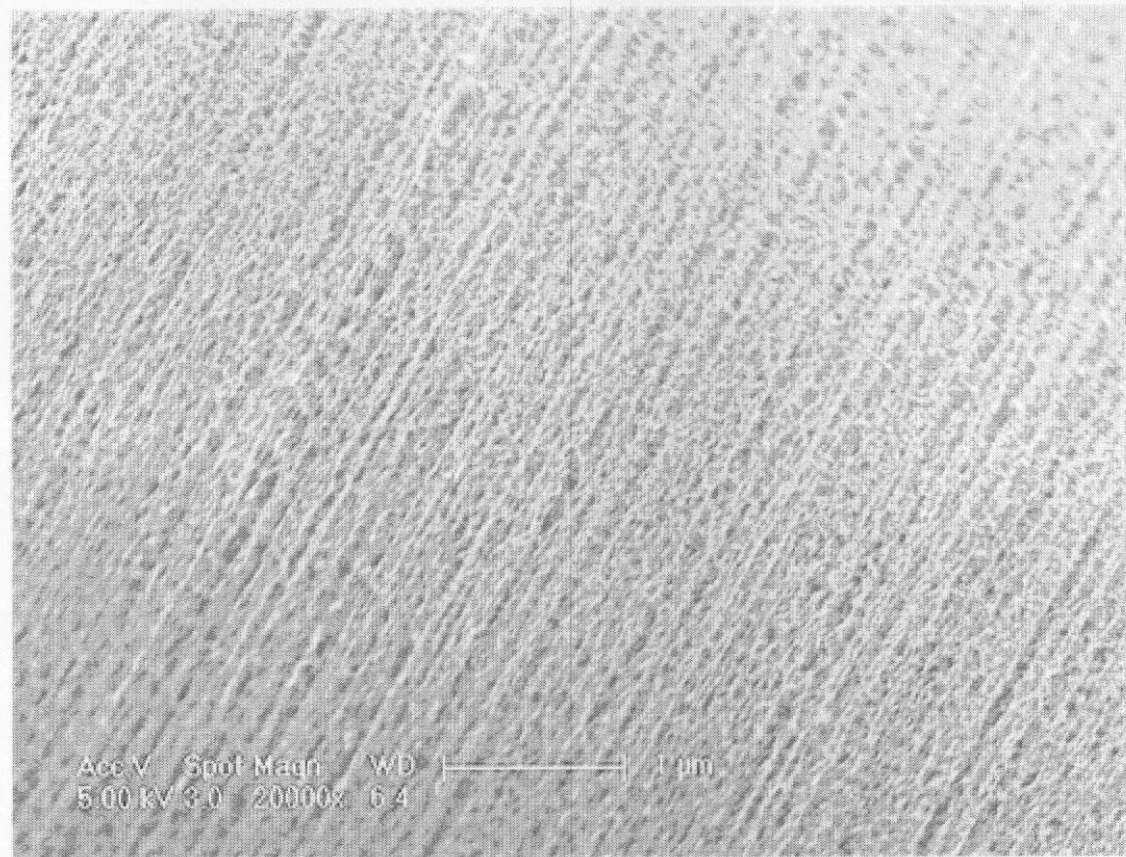
【 図 2 】



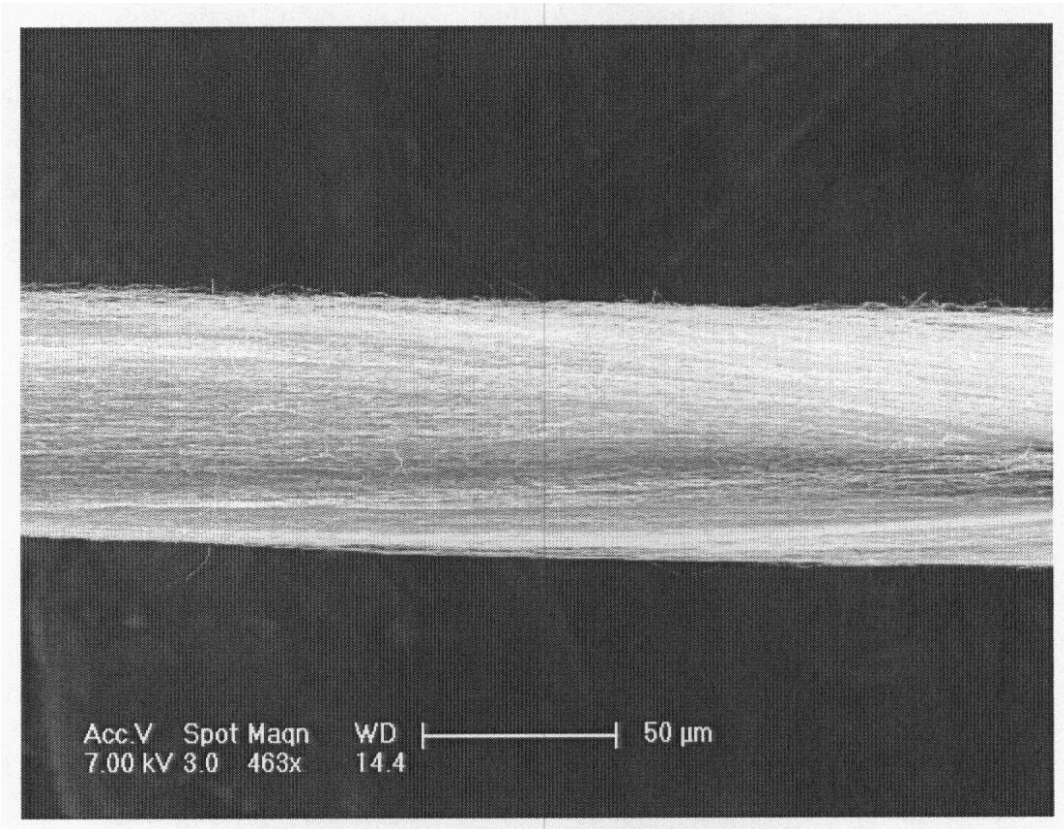
【 図 4 】



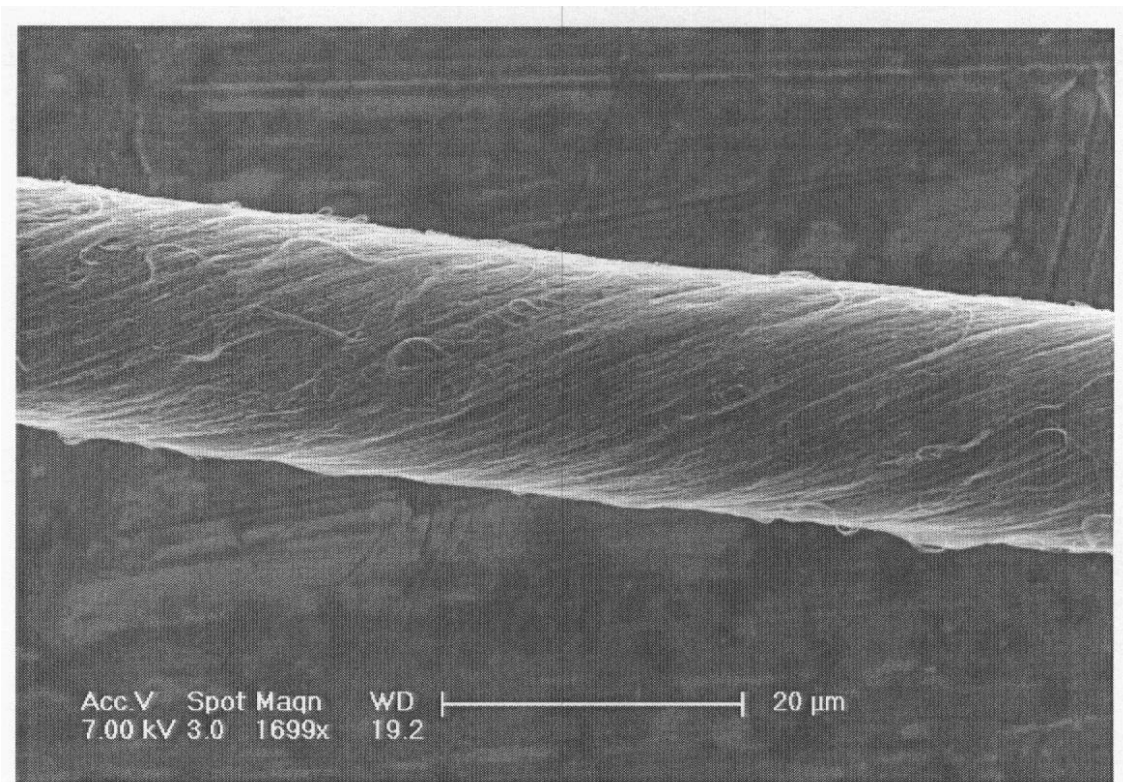
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(74)代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(72)発明者 姜 開利

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 肖 林

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 陳 卓

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

(72)発明者 ハン 守善

中華人民共和国北京市海淀区清華園一号

Fターム(参考) 4G146 AA11 AB07 AB10 AC25A AC25B AD28
5D021 DD04