

(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2004-200347  
(P2004-200347A)

(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/00	HO 1 L 33/00	5 F O 3 6
HO 1 L 23/373	HO 1 L 33/00	5 F O 4 1
	HO 1 L 23/36	M

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-366166 (P2002-366166)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成14年12月18日 (2002.12.18)	(71) 出願人	000220103 株式会社アライドマテリアル 東京都台東区北上野二丁目23番5号
		(74) 代理人	100116713 弁理士 酒井 正己
		(74) 代理人	100094709 弁理士 加々美 紀雄
		(74) 代理人	100117145 弁理士 小松 純
		(74) 代理人	100078994 弁理士 小松 秀岳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高放熱性能を持つ発光ダイオード

## (57) 【要約】

【課題】半導体装置等に有用な高熱伝導率のヒートシンク及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】発光ダイオードをダイヤモンド - 金属系ヒートシンク / p型電極 / AlN - GaN系半導体層 / n型電極からなる積層構造とし、前記ヒートシンクを、粒子表面にIV a族元素から選ばれた一種以上からなる金属Aの炭化物を主成分とする反応層が形成されたダイヤモンド粒子が、Ag、Cu、Au、Al、Mgより選ばれた一種以上からなる金属B中に分散した組織とする。ダイヤモンドはヒートシンク全体の35 ~ 80 vol %を占めるようにし、ダイヤモンドの平均粒径を10 μm以上、60 μm未満とする。これにより、ヒートシンクの室温での熱伝導率が300 W / mK以上とすることができる。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ダイヤモンド - 金属系ヒートシンク / p型電極 / AlN - GaN系半導体層 / n型電極からなる積層構造を持つ発光ダイオードであって、該ヒートシンクは、粒子表面にIVa族元素から選ばれた一種以上からなる金属Aの炭化物を主成分とする反応層が形成されたダイヤモンド粒子が、Ag、Cu、Au、Al、Mgより選ばれた一種以上からなる金属B中に分散した組織を持ち、ダイヤモンドがヒートシンク全体の35～80vol%を占め、室温での熱伝導率が300W/mK以上であることを特徴とする高放熱性能を持つ発光ダイオード。

## 【請求項2】

前記ダイヤモンド粒子の平均粒径が10μm以上、60μm未満であることを特徴とする請求項1記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード。

10

## 【請求項3】

前記ダイヤモンド - 金属系ヒートシンクの相対密度が90%以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード。

## 【請求項4】

前記反応層の厚みが平均で0.01μm～1.0μmであることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード

## 【請求項5】

前記金属BがAg、Cuから選ばれた一種以上の金属からなることを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載のヒートシンク。

20

## 【請求項6】

前記ダイヤモンド - 金属系ヒートシンクの室温～200の範囲での平均熱膨張係数が $4 \sim 12 \times 10^{-6} / K$ であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード

## 【請求項7】

前記p型電極が高い紫外線反射率を有する材料からなることを特徴とする請求項1～6記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード。

## 【請求項8】

AlN - GaN系半導体層がインジウム(In)を含むことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、AlN - GaN系半導体を用いた紫外線を発光する発光ダイオードに関する。

## 【0002】

## 【従来技術】

近年、半導体発光デバイスには、短波長を発光する半導体材料・素子が要求されている。特に、バンドギャップが大きい、すなわち大凡の波長が400nm以下の紫外線を発光する素子は、光触媒の光源として使用できること及び殺菌機能を付与できることから期待されている。

40

## 【0003】

紫外線を発光する半導体材料としてはGaNやAlN、ZnO、またはダイヤモンドなどが知られている。これらの材料のバンドギャップとそれに対応する発光波長は、GaNが3.39eV、366nm、AlNが6.2eV、200nm、ZnOが3.35eV、370nm、ダイヤモンドが5.47eV、227nmであり、Al-Ga-N三元系半導体では、3.3eV～6.2eV、200～366nmまで可変の値を取る。近年は、これら半導体の発光ダイオードやレーザーダイオードへの応用研究、さらには、受光素子(フォトダイオード)への応用研究が盛んに行われている。

## 【0004】

50

紫外線発光素子として現在最も有望視されているのがAlN-GaN系混晶であるAlGaNである。この材料は高効率で紫外線を発光できることから、紫外線を赤色、緑色、青色に変換できる蛍光材と組み合わせて白色を出す発光ダイオードとすることができる。

【0005】

高輝度発光のためには、半導体に流れる電流密度をより高くする必要があるが、その場合には大容量の熱が発生し、半導体の温度上昇を招き、結果として発光効率・発光輝度が低下してしまう。大電流密度で素子を駆動するためには、半導体素子に発生した熱を速やかに放熱させるための構造が必須となる。

【0006】

また、一般的な紫外線発光素子は、基板としてサファイアやGaNを用い、その表面にバッファ層であるGaN層を形成し、さらにAlN-GaN系発光層を形成しているが、発光層のバンドギャップはGaNのバンドギャップよりも大きいので、放射された紫外線がGaNバッファ層、あるいはGaN基板、さらにはサファイア基板によっても吸収されてしまい、発光強度が低下するという課題もある。

【0007】

上記課題に対し、ヒートシンク材料を半導体素子に接着させる構造が考えられており、例えば、発光ダイオードを次に示すような製造方法を用いて製造することにより高輝度発光を得ることが提案されている（非特許文献1参照）。この方法を工程順に図1に基づいて説明する。

【0008】

1 サファイア基板にGaN層を形成し、さらにその表面にAlGaN系の発光層を形成する（図1(a)参照）。

2 前記発光層の表面に、紫外線に対して極めて反射率の高いp型電極を形成する（図1(b)参照）。

3 該p型電極にCuWヒートシンク材を接合する（図1(c)参照）。

4 サファイア基板とGaN層を機械研磨で除去する（図1(d)参照）。

5 除去により現れたAlGaN層表面にn型電極を形成する（図1(e)参照）。

【0009】

このようにして作製された発光ダイオードにおいては、基板やバッファ層での吸収がなく、かつ、発光層から放射された紫外線は反射率の高いp型電極で反射されるために高輝度発光が可能になると共に、高電流密度で駆動させても、発生した熱を熱伝導率の高いCuWヒートシンク材を通して放熱できるという特長がある。

【0010】

しかしながら、この発光ダイオードをさらに高い電流密度で駆動させようとした場合や、LEDチップを多数個並べて高光出力のLEDランプ等に応用しようとする場合には、CuWヒートシンクでは放熱性が不足し、発光効率・輝度が低下してしまうという重大な課題がある。

【0011】

これを解決するには、より熱伝導率が高いヒートシンク材を使用することが不可欠である。熱伝導率の高いヒートシンク材の第一はダイヤモンドであり、1000~2000W/mKの高熱伝導率を持つことが知られている。しかし、ダイヤモンドの熱膨張係数（室温~200程度までの温度範囲での熱膨張係数）は $2.3 \times 10^{-6} / K$ であるため、AlGaN系材との熱膨張係数の不整合が大きい。さらには、ダイヤモンドのヤング率は極めて大きいため、熱膨張係数の不整合を原因として発生する熱応力は非常に大きくなる。

【0012】

具体的には、GaNの熱膨張係数は $5.6 \times 10^{-6} / K$ 程度であり、AlNの熱膨張係数は $4.5 \times 10^{-6} / K$ 程度である。現在用いられているAlGaN層は $A_{1-x}Ga_xN$ の化学式で表した場合、Nはせいぜい0.3までと少なく、AlGaNの熱膨張係数はほとんどGaNに支配される。

【0013】

10

20

30

40

50

このような熱膨張係数の不整合により、半導体素子とダイヤモンドヒートシンクとの接合時や、繰り返し使用時に大きな熱応力が発生し、半導体素子の動作を不安定にするか、若しくは最悪の場合には半導体素子とダイヤモンドヒートシンク材の界面で剥離が生じてしまうという欠点があった。

【0014】

【非特許文献1】

日経エレクトロニクス、2002年10月21日号、p.28-29

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、AlGa<sub>N</sub>系半導体層と該半導体層と熱膨張係数の整合が良いヒートシンクとからなり、高い熱性能と安定した発光特性を発揮する高輝度の発光ダイオードを提供することを目的とする。 10

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、発光ダイオードのヒートシンクとして、特定の構造を有するダイヤモンド-金属系ヒートシンクを用いることにより上記課題が解決できることを見出して本発明を完成した。

すなわち、本発明は次の構成を有する。

【0017】

(1) ダイヤモンド-金属系ヒートシンク / p型電極 / AlN-GaN系半導体層 / n型電極からなる積層構造を持つ発光ダイオードであって、該ヒートシンクは、粒子表面にIVa族元素から選ばれた一種以上からなる金属Aの炭化物を主成分とする反応層が形成されたダイヤモンド粒子が、Ag、Cu、Au、Al、Mgより選ばれた一種以上からなる金属B中に分散した組織を持ち、ダイヤモンドがヒートシンク全体の35~80vol%を占め、室温での熱伝導率が300W/mK以上であることを特徴とする高放熱性能を持つ発光ダイオード。 20

(2) 前記ダイヤモンド粒子の平均粒径が10μm以上、60μm未満であることを特徴とする上記(1)記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード。

(3) 前記ダイヤモンド-金属系ヒートシンクの相対密度が90%以上であることを特徴とする上記(1)又は(2)記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード。 30

【0018】

(4) 前記反応層の厚みが平均で0.01μm~1.0μmであることを特徴とする上記(1)~(3)のいずれかに記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード

(5) 前記金属BがAg、Cuから選ばれた一種以上の金属からなることを特徴とする、上記(1)~(4)のいずれかに記載のヒートシンク。

(6) 前記ダイヤモンド-金属系ヒートシンクの室温~200の範囲での平均熱膨張係数が $4 \sim 12 \times 10^{-6} / K$ であることを特徴とする上記(1)~(5)のいずれかに記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード

(7) 前記p型電極が高い紫外線反射率を有する材料からなることを特徴とする上記(1)~(6)記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード。 40

(8) 前記AlN-GaN系半導体層がインジウム(In)を含むことを特徴とする上記(1)~(7)のいずれかに記載の高放熱性能を持つ発光ダイオード

【0019】

【発明の実施の形態】

本発明の発光ダイオードにおいて用いられるヒートシンクは、Ag、Cu、Au、Al、Mgより選ばれた一種以上の金属Bをマトリックスとし、このマトリックス中にダイヤモンド粒子が分散した構造となっている。ダイヤモンド粒子の表面にはIVa族元素から選ばれた一種以上の金属Aからなる炭化物を主成分とする層が反応形成されており、この層を介して金属Bとダイヤモンド粒子とが密着した構造となっている。上記の構造により、本発明において用いるヒートシンクは室温での熱伝導率を300W/mK以上とすることが 50

できる。

【0020】

本発明のヒートシンクの相対密度は90%以上が好ましく、さらに好ましくは95%以上である。ヒートシンクの相対密度が90%未満では、ヒートシンクの加工時に、ヒートシンク表面の面粗度が悪くなりp型電極との接合性が低下する場合がある。

【0021】

熱伝導性に優れたヒートシンクを得るには、ダイヤモンド粒子と複合化する金属Bに関しても熱伝導率の高いAg、Cu又はそれらを基とした合金を用いることが好ましい。さらにAgとCuを合金化することにより、金属Bの融点が低下するため、純金属に比べて溶解時の表面張力が低下して濡れ性が改善されるため、後に述べる製造工程においてダイヤモンド粒子間隙に浸透しやすくなり、その結果、気孔の少ない緻密なヒートシンクが製造可能となる。

10

【0022】

ダイヤモンドの平均粒径は10 $\mu$ m以上、60 $\mu$ m未満であることが好ましい。60 $\mu$ m以上であるとヒートシンクの加工が困難になってヒートシンクの表面粗度が低下してしまい、ヒートシンクとp型電極との接合性が低下する。一方、10 $\mu$ m未満では、ヒートシンク中のダイヤモンドと金属マトリックスとの界面の面積が増大し、結果としてヒートシンクの熱伝導率が低下する。

【0023】

また、ヒートシンク中のダイヤモンド粒子の比率は、ヒートシンクの熱膨張係数を搭載時の半導体素子の熱膨張係数に合わせるために35~80vol%とすることが望ましい。35vol%未満の場合は、ヒートシンクの熱膨張係数が $12 \times 10^{-6} / K$ を超えてしまい、半導体発光層との熱膨張係数の整合が悪くなる。一方、80vol%を超えるとヒートシンクを緻密化することができなくなり、結果として熱伝導率が300W/mKを下回ってしまう。

20

【0024】

また、ダイヤモンド粒子と金属Bとの界面が十分に密着していなければ、熱伝導性に優れたヒートシンクは得られない。本発明においては、金属Bが溶解し、ダイヤモンド粒子間隙に浸透すると同時に金属Aがダイヤモンド粒子表面に金属炭化物を含む反応層を形成することで密着効果が得られる。

30

この金属炭化物を含む反応層はダイヤモンド粒子と金属の密着性を得るために必要不可欠である反面、それ自体は熱伝導率が低いため、この反応層は界面における熱抵抗として働き界面に形成される炭化物量が多くなるほどヒートシンクの熱伝導率は低下する。

【0025】

従って、反応層が多量に形成されて反応層が厚くなりすぎるとヒートシンクの熱伝導率が低下してしまう。また、炭化物の形成量が少なく反応層の厚みが薄すぎるとダイヤモンド粒子表面に均一に反応層が形成されず、ダイヤモンドと金属との界面の密着性が低下して界面に気孔が多数発生するためにヒートシンクの熱伝導率は低下する。高熱伝導率のヒートシンクを得るためには、反応層の厚みが0.01~1.0 $\mu$ mの範囲であることが望ましく、0.05~0.3 $\mu$ mの範囲に制御することがさらに望ましい。反応層の厚みは使用するダイヤモンド粒子の粒径と、金属Bの添加量によって決定される。

40

【0026】

次に本発明の発光ダイオードを製造する方法について述べる。

本発明の発光ダイオードは、例えば次の工程によって製造される。

- 1 基板上にバッファ層を形成する工程
- 2 該バッファ層の表面にAlN-GaN系発光層を形成する工程
- 3 該発光層の表面にp型電極を形成する工程
- 4 該p型電極とダイヤモンド-金属系ヒートシンクを接合する工程
- 5 基板及びバッファ層を除去する工程
- 6 基板を除去することによって現れたAlN-GaN系層表面にn型電極を形成する

50

## 工程

## 【0027】

基板としては、サファイア、GaN、AlN-GaN系混晶、またはSiCを用いることができる。Si基板でも良い。これらの内、サファイア以外の基板を用いる場合は、AlN-GaN系発光層との格子定数の整合が良いためにバッファ層を形成しなくてもよい場合もある。

## 【0028】

バッファ層としては、サファイア基板を用いる場合には、低温（例えば約600）でコーティングしたAlNまたはGaN膜が好ましい。GaN基板を用いる場合にはGaNでよいが、バッファ層が不要の場合もある。SiC基板の場合は、GaN膜をバッファ層とするか、もしくはバッファ層は不要である。バッファ層を形成しない場合には、上記製造工程における2の工程は不要となり、また、5の工程は「基板を除去する工程」となる。

10

## 【0029】

ヒートシンク中のダイヤモンド粒子表面に形成される金属Aの炭化物の厚みは0.01~1.0μmであることが好ましい。0.1μm未満では、ダイヤモンドと金属B間の界面での密着が十分でなく熱伝導率が低下する。また、1.0μmを超えると、界面の密着は十分になるが、金属Aの炭化物の熱伝導率が低いために、界面での熱伝達機能が低下して熱伝導率が低下する。

## 【0030】

ヒートシンクは、例えば次の工程によって製造することができる。

20

(1) 工程1：ダイヤモンド粒子と、Ag、Cu、Au、Al、Mgより選ばれた一種以上からなる金属Bの粉末と、IVa族元素から選ばれた一種以上からなる金属Aの粉末との混合粉末、又は、ダイヤモンド粒子と該金属Aと該金属Bの合金粉末との混合粉末を得る工程

(2) 工程2：該混合粉末を加圧成形する工程

(3) 工程3：工程2で製造した混合粉末成形体の上に、Ag、Cu、Au、Al、Mgより選ばれた一種以上からなる金属Bの成形体を配置する工程

ここで、金属Bの成形体としては金属の粉末成形体、金属の板材或いは塊材等が使用できる。

30

(4) 工程4：非酸化雰囲気下において、混合粉末成形体と金属Bの成形体とを接触した状態に保ちながら金属材料の融点以上に加熱してダイヤモンド粒子表面に金属Aの炭化物を形成するとともに、ダイヤモンド粒子間隙に溶融した金属Bを無負荷で溶浸し緻密体とする工程

## 【0031】

このような工程を経て作製した発光ダイオードにおいては、放射された紫外線の基板での吸収が無く、かつ紫外線は反射率の高いp型電極で反射されるために高輝度発光が可能になると共に、高電流密度で駆動させても、熱伝導率の高いダイヤモンド-金属系ヒートシンク材を通して放熱できるために、より高輝度の発光を長時間持続しても発光ダイオードの性能が劣化しないという特長がある。また、発光層とダイヤモンド-金属系ヒートシンクとの熱膨張係数の差が小さく、かつダイヤモンド-金属系ヒートシンクのヤング率がダイヤモンドに比べて十分小さいために、高電流密度での発光と消光を繰り返しても、発光層の剥離等が起こらず長寿命となる。

40

また、AlN-GaN系発光層の活性層をInを添加することにより、より高い発光輝度を得られるのは従来の発光ダイオードと同じである。

## 【0032】

## 【実施例】

以下に本発明の実施例を示すが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

## 【0033】

## [実施例1]

50

基板として $30 \times 30 \times 0.3$  mm厚のサファイアを用いた。

この基板を洗浄した後、バッファ層としてAlNを50 nm形成した。次いで、Siをドープしたn型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 層(クラッド層)を $0.8 \mu m$ 、GaN層(活性層)を $0.5 \mu m$ 、Mgをドープしたp型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 層(クラッド層)を $0.5 \mu m$ 形成した後、さらにp型電極を $0.2 \mu m$ 形成した。

これを $1 \times 1$  mmサイズに加工してLED用チップとした。

#### 【0034】

次に、以下の三種類のヒートシンクを用意した。

1 ダイヤモンド-金属系ヒートシンク

2 CuWヒートシンク：熱伝導率 $180 W/mK$ 、熱膨張率 $6.3 \times 10^{-6}/K$

3 CVDダイヤモンド：熱伝導率 $1000 W/mK$ 、熱膨張率 $2.3 \times 10^{-6}/K$

10

#### 【0035】

上記1のダイヤモンド-金属系ヒートシンクは次のようにして作製した。

まず、原料粉末として平均粒径が $5 \sim 100 \mu m$ のダイヤモンド粒子とAg-Cu合金粉末(72 wt% Ag - 28 wt% Cu)、Ti粉末を用意した。これらの各粉末をダイヤモンド粒子が70 vol%、Ag-Cu合金粉末が23.7 ~ 29.4 vol%、Ti粉末が0.6 ~ 6.3 vol%となるように混合し、成形圧力 $830 MPa$ で $50 \times 50 \times 2$  mm厚に加圧成形した。成形体の気孔率は20%から35%前後であった。

#### 【0036】

得られた成形体の上に成形体と同形状のAg-Cu合金を乗せ、 $0.0133 MPa$ 以下の高真空下において加熱温度 $1020$  で2 h加熱処理して、Ag-Cu合金を成形体中に浸みこませた。

20

#### 【0037】

得られた各溶浸材料を厚さ2 mmまで研磨して密度を測定した後、直径 $10$  mmに加工してレーザーフラッシュ法によって熱伝導率を測定した。

得られたダイヤモンド-金属系ヒートシンクの熱伝導率及び熱膨張係数は表1に示すとおりであった。また、比較例としてのCuW及びCVDダイヤモンドの熱伝導率及び熱膨張率も表1に示した。

#### 【0038】

次に、ヒートシンクを $30 \times 30 \times 0.3$  mm厚に加工したものをを用意した。 $1 \times 1$  mmサイズの各LEDチップを縦8個×横8個のアレイ状に並べて、これらのp型電極と上記 $30 \times 30$  mmサイズのヒートシンクをAuGe層を鍍材として $350$  で接合した後、機械研磨によりAlNバッファ層とサファイア基板を除去した。さらに除去後のn型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 層(クラッド層)表面にn型電極を形成した。

30

#### 【0039】

アレイ状LEDの電極に直流電圧を印加して電流注入により発光させた。発光波長は $366$  nmの紫外線であった。電流値はゼロから $100$  mAまで順次増加して、その時の相対発光強度を測定した。また、LEDチップ表面の温度をサーモビューワを用いて測定した。また、電流値が $100$  mAで5 sec点灯後、消すことを $1000$  回繰り返した後の、 $100$  mAでの相対発光強度も測定した。

40

測定結果を表1に示す。

#### 【0040】

表1から分かるように、ダイヤモンド-金属系ヒートシンクの熱伝導率は、使用するダイヤモンド粒子の粒径に比例して高くなる。

また、熱伝導率が $300 W/mK$ 以上のダイヤモンド-金属系ヒートシンクを用いると、高電流密度でもLEDチップの温度が高く成らず、結果として相対発光強度が低下しないことが分かる。特に、ダイヤモンド-金属系ヒートシンクを用いた場合、高電流密度での点灯～消灯を繰り返した後も、CVDダイヤモンドヒートシンクのように相対発光強度は低下しないことも分かる。これはダイヤモンド-金属系ヒートシンクの熱膨張係数がAlN-GaN系半導体層と近いために、熱応力が低減するためと考えられる。

50

【 0 0 4 1 】

【 表 1 】

試料 No.	ヒートシンク					発光ダイオード									
	ダイヤ		相対密度 (%)	熱伝導率 (W/mK)	熱膨張係数 ( $\times 10^{-6}/K$ )	相対発光強度				チップ表面温度				相対発光強度 (1000回繰り返し使用)	
	含有量 (vol%)	平均粒径 ( $\mu m$ )				電流値				電流値					
			10mA	20mA	50mA	100mA	10mA	20mA	50mA	100mA	電流値				
*1	57	5	95.2	266	6.3	1	1.2	2	1.1	29	38	77	103	100mA	0.3
2	56	10	95.0	378	6.3	1	1.2	4.3	5.0	26	30	44	72		5
3	57	20	96.3	420	6.4	1	1.2	4.6	5.3	26	29	43	69		5.3
4	57	30	96.5	467	6.4	1	1.2	4.8	5.5	26	29	42	67		5.5
5	56	40	95.8	500	6.3	1	1.2	4.8	5.7	25	28	42	67		5.7
6	55	60	94.3	542	6.2	1	1.2	4.9	5.8	25	28	40	67		5.8
7	53	100	90.1	620	6.0	1	1.2	5.0	6.0	25	28	40	66		6
*8*1	-	-	100	180	6.3	1	1.2	0.8	0.3	30	40	102	中止		中止
*9*2	-	-	100	1000	2.3	1	1.2	5.0	7.0	25	27	38	55		4.2

\* : 本発明の範囲外

\*1: CuW

\*2: CVD・ダイヤモンド

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】



## 【実施例 2】

基板として  $30 \times 30 \times 0.3$  mm 厚の GaN を用いた。

この基板を洗浄した後、バッファ層として GaN を 50 nm 形成した。次いで、Si をドーピングした n 型  $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$  層 (クラッド層) を  $0.8 \mu m$ 、極微量の In を含む GaN 層 (活性層) を  $0.5 \mu m$ 、Mg をドーピングした p 型  $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$  層 (クラッド層) を  $0.5 \mu m$  形成した。さらに p 型電極を  $0.2 \mu m$  形成した。

これを  $1 \times 1$  mm サイズに加工して LED 用チップとした。

## 【0043】

次に、以下の三種類のヒートシンクを用意した。

- 1 ダイヤモンド - 金属系ヒートシンク
- 2 CuW ヒートシンク：熱伝導率  $180 W/mK$ 、熱膨張率  $6.3 \times 10^{-6} / K$
- 3 CVD ダイヤモンド：熱伝導率  $1000 W/mK$ 、熱膨張率  $2.3 \times 10^{-6} / K$

10

## 【0044】

上記 1 のダイヤモンド - 金属系ヒートシンクは次のようにして作製した。

まず、原料粉末として平均粒径が  $40 \mu m$  のダイヤモンド粒子と Ag - Cu 合金粉末 ( $72 wt\% Ag - 28 wt\% Cu$ )、Ti 粉末を用意した。これらの各粉末をダイヤモンド粒子が  $35 \sim 92 vol\%$ 、Ti 粉末が  $4.3 vol\%$ 、残りが Ag - Cu 合金粉末となるように混合し、成形圧力  $900 MPa$  で  $50 \times 50 \times 2$  mm 厚に加圧成形した。

## 【0045】

得られた成形体の上に成形体と同形状の Ag - Cu 合金を乗せ、 $0.0133 MPa$  以下の高真空下において加熱温度  $1020$  で 2 h 加熱処理して、Ag - Cu 合金を成形体中に浸みこませた。

20

得られた各溶浸材料を厚さ 2 mm まで研磨して密度を測定した後、直径  $10 mm$  に加工してレーザーフラッシュ法によって熱伝導率を測定した。

得られたダイヤモンド - 金属系ヒートシンクの熱伝導率及び熱膨張係数は表 2 に示すとおりであった。また、比較例としての CuW 及び CVD ダイヤモンドの熱伝導率及び熱膨張率も表 2 に示した。

## 【0046】

次に、ヒートシンクを  $30 \times 30 \times 0.3$  mm 厚に加工したものをを用意した。

$1 \times 1$  mm サイズの各 LED チップを縦 8 個  $\times$  横 8 個のアレイ状に並べて、これらの p 型電極と上記  $30 \times 30$  mm サイズのヒートシンクとを AuGe 層を鍍材として  $350$  で接合した後、機械研磨により GaN バッファ層と GaN 基板を除去した。さらに除去後の n 型  $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$  層 (クラッド層) 表面に n 型電極を形成した。

30

## 【0047】

上記のようにして得られたアレイ状 LED の電極に直流電圧を印加して電流注入により発光させた。発光波長は  $366 nm$  の紫外線であった。電流値はゼロから  $100 mA$  まで順次増加して、その時の相対発光強度を測定した。また、LED チップ表面の温度をサーモビューワを用いて測定した。また、電流値が  $100 mA$  で 5 sec 点灯後、消すことを  $1000$  回繰り返した後の、 $100 mA$  での相対発光強度も測定した。

## 【0048】

得られた測定結果を表 2 に示す。

40

表 2 から分かるように、ダイヤモンド - 金属系ヒートシンクの熱膨張係数は、ダイヤモンド含有量に比例して小さくなる。

また、熱伝導率が  $300 W/mK$  以上のダイヤモンド - 金属系ヒートシンクを用いると、高電流密度でも LED チップの温度が高くなり、結果として相対発光強度が低下しないことが分かる。特に、熱膨張係数が  $4 \sim 12 \times 10^{-6} / K$  のダイヤモンド - 金属系ヒートシンクを用いた場合、高電流密度での点灯 ~ 消灯を繰り返した後も、相対発光強度の低下が少ないことも分かる。これはダイヤモンド - 金属系ヒートシンクの熱膨張係数が AlN - GaN 系半導体層と近いために、熱応力が低減するためと考えられる。

## 【0049】

50

【表 2】

試料 No.	ヒートシンク				発光ダイオード						
	ダイヤモンド		相対密度 (%)	熱伝導率 (W/mK)	熱膨張係数 ( $\times 10^{-6}/K$ )	チップ表面温度		相対発光強度 (1000回繰り返し使用)			
	含有量 (vol%)	平均粒径 ( $\mu m$ )				電流値		電流値			
			10mA	100mA	10mA	100mA	10mA	100mA			
*10	30	40	97.8	355	13.0	1	4.9	29	75	100mA	3.3
11	35	40	97.3	422	12.0	1	5.3	26	72	100mA	4.6
12	50	40	97.0	466	8.3	1	5.4	26	69	100mA	5.5
13	70	40	96.5	501	5.5	1	5.5	26	67	100mA	5.5
14	85	40	90.0	533	4.0	1	5.7	25	67	100mA	5.1
15	87	40	68.0	222	3.2	1	0.9	30	中止	100mA	中止
*16 <sup>※1</sup>	-	-	100	180	6.3	1	0.3	30	中止	100mA	中止
*17 <sup>※2</sup>	-	-	100	1000	2.3	1	7.0	25	55	100mA	4.2

\* :本発明の範囲外

※1:CuW

※2:CVD・ダイヤモンド

10

20

30

40

【0050】

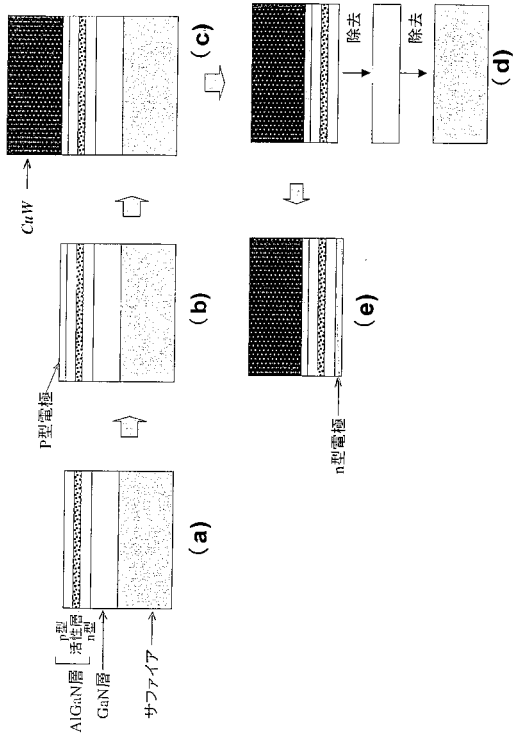
【発明の効果】

本発明によれば、高密度且つ高熱伝導率なヒートシンクを提供できる。この高性能なヒートシンクを用いることによって半導体レーザーやマイクロ波デバイスなどの性能を最大限に発揮させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の発光ダイオードの製造工程を示す図である。

【 図 1 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 河合 千尋

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 築野 孝

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 西田 慎也

富山県富山市岩瀬古志町2番地 株式会社アライドマテリアル富山製作所内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BA23 BB08 BC01 BD01 BD03 BD16

5F041 AA04 AA33 CA40 CA49 CA57 DA19 DA33 DA35 DB08