

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月14日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/155032 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/17 (2006.01) H01L 41/113 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) H01L 41/187 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01) H01L 41/29 (2013.01)
H01L 41/047 (2006.01) H01L 41/316 (2013.01)
H01L 41/09 (2006.01) H03H 3/007 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009459
- (22) 国際出願日: 2017年3月9日(09.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-048236 2016年3月11日(11.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP). 国立研究開発法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 梅田 圭一(UMEDA, Keiichi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 水野 孝昭(MIZUNO, Takaaki); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 會田 康弘(AIDA, Yasuhiro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 上原 雅人(UEHARA, Masato); 〒8410052 佐賀県鳥栖市宿町807番地1 国立研究開発法人産業技術総合研究所九州センター内 Saga (JP). 長瀬 智美(NAGASE, Toshimi); 〒8410052 佐賀県鳥栖市宿町807番地1 国立研究開発法人産業技術総合研究所九州センター内 Saga (JP). 秋山 守人(AKIYAMA, Morito); 〒8410052 佐賀県鳥栖市宿町807番地1 国立研究開発法人産業技術総合研究所九州センター内 Saga (JP).
- (74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI 総合法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: GALLIUM NITRIDE STRUCTURE, PIEZOELECTRIC ELEMENT, METHOD FOR MANUFACTURING PIEZOELECTRIC ELEMENT, AND RESONATOR USING PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) 発明の名称: 窒化ガリウム構造体、圧電素子、圧電素子の製造方法、及び圧電素子を用いた共振器

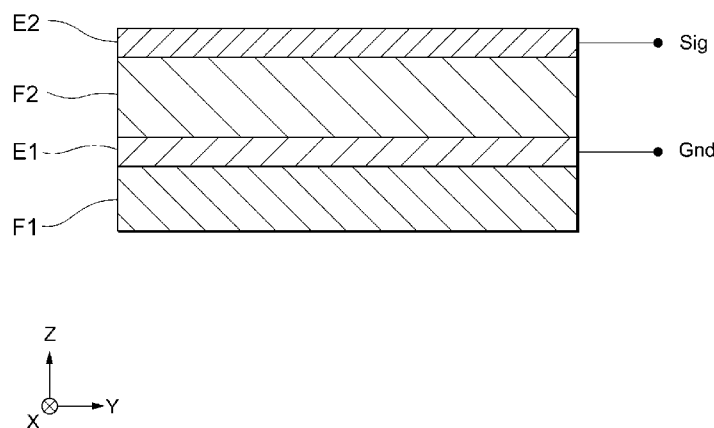
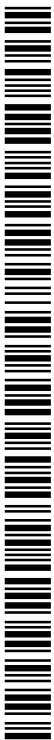


図2

(57) Abstract: In a gallium nitride structure using GaN as a piezoelectric body, a lower electrode can be provided, which can be formed by an easy process. The present invention comprises: a substrate; a gallium nitride layer principally composed of gallium nitride, provided facing the substrate; and a first electrode which is provided between the gallium nitride layer and the substrate, which includes at least one hafnium layer principally composed of elemental metal hafnium, and which is in contact with the gallium nitride layer at one or more hafnium layers.

(57) 要約: GaNを圧電体として用いた窒化ガリウム構造体において、容易なプロセスで形成できる下部電極を提供することができる。基板と、基板と対向して設けられ、窒化ガリウムを主成分とする窒化ガリウム層と、窒化ガリウム層と基板との間に設けられ、ハフニウムの単体金属を主成分とする少なくとも1層以上のハフニウム層を含み、少なくとも1層以上のハフニウム層において窒化ガリウム層と接触する第1電極と、を備える。



WO 2017/155032 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

窒化ガリウム構造体、圧電素子、圧電素子の製造方法、及び圧電素子を用いた共振子

技術分野

[0001] 本発明は、窒化ガリウム構造体、圧電素子、圧電素子の製造方法、及び圧電素子を用いた共振子に関する。

背景技術

[0002] LED等の原料として用いられるGaN（窒化ガリウム）は、Q値が良好な圧電体である。GaN膜の成膜方法は、MOVPEやMBE、MPCVDのような手法が一般的である。これらの手法において、GaN膜の成膜温度は900℃以上であるため、GaN膜を圧電材料として用いた場合、基板とGaN膜との間に下部電極を形成することが非常に困難である。

[0003] 非特許文献1には、GaN膜とSi基板との間に下部電極を形成する方法が開示されている。非特許文献1では、まずSi基板上にGaN膜を成膜させる。その後、成膜したGaN膜の一部をエッチング等によって除去して形成した孔に、W（タングステン）を充填し、さらに充填したWの上にSiO₂を蒸着させ、その上に再度、GaN膜を形成する。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：Azadeh Ansari, Che-Yu Liu, Chien-Chung Lin, Hao-Chung Kuo, Pei-Cheng Ku and Mina Rais-Zadeh, "GaN Micromechanical Resonators with Meshed Metal Bottom Electrode", Materials 2015, 8, p1204-1212

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献1に記載の方法では、GaNの成膜にMOCVD法を用いてお

り、その成膜温度は1070℃と高温である。また、非特許文献1の記載の方法で圧電素子を形成する場合、その製造プロセスが非常に複雑になる。

[0006] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、GaNを用いた窒化ガリウム構造体において、例えば成膜温度が600℃以下である容易なプロセスで形成できる下部電極を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一側面に係る窒化ガリウム構造体は、基板と、基板と対向して設けられ、窒化ガリウムを主成分とする窒化ガリウム層と、窒化ガリウム層と基板との間に設けられ、ハフニウムの単体金属を主成分とする少なくとも1層以上のハフニウム層を含み、少なくとも1層以上のハフニウム層において窒化ガリウム層と接触する第1電極と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、GaNを用いた窒化ガリウム構造体において、容易なプロセスで形成できる下部電極を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]一具体例に係る共振子の構造を概略的に示す平面図である。

[図2]図1のAA'線に沿った断面の模式図である。

[図3A]比較例のGaN膜、及び本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜に対してロッキングカーブ測定を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図3B]比較例のGaN膜、及び本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜に対してロッキングカーブ測定を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図3C]比較例のGaN膜、及び本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜に対してロッキングカーブ測定を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図3D]比較例のGaN膜、及び本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜に対してロッキングカーブ測定を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

。

[図4A]比較例のGaN膜、及び本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜に対してX線回折を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図4B]比較例のGaN膜、及び本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜に対してX線回折を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図5]図2に対応し、本発明の第2実施形態にかかる振動部の積層構造を示す模式図である。

[図6A]比較例のGaN膜、本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜、本発明の第2実施形態に係る圧電薄膜に対してX線回折を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図6B]比較例のGaN膜、本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜、本発明の第2実施形態に係る圧電薄膜に対してX線回折を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

[図6C]比較例のGaN膜、本発明の第1実施形態に係る圧電薄膜、本発明の第2実施形態に係る圧電薄膜に対してX線回折を行って結晶性を検証した結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] [第1の実施形態]

(1. 共振子の構成)

以下、添付の図面を参照して本発明の第1実施形態について説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る窒化ガリウム構造体の一例である圧電素子を用いて形成した共振子10の一例を概略的に示す平面図である。共振子10は、MEMS技術を用いて製造されるMEMS振動子であり、図1の直交座標系におけるXY平面内で面内振動する。なお、本発明に係る圧電素子が用いられるのは図1に示される厚み広がり振動モードを用いた共振子に限定されず、厚み縦振動モード、ラム波振動モード、屈曲振動モード、表面波振動モードに用いられても良い。これらはタイミングデバイス、RFフィルタ、デュプレクサ、超音波トランスデューサーに応用される。さらに、アク

チュエーター機能を持った圧電ミラーや圧電ジャイロ、圧力センサー機能を持った圧電マイクロフォンや超音波振動センサー等に用いられても良い。

[0011] 図1に示すように、共振子10は、振動部120（圧電素子の一例である。）と、保持部140と、保持腕110を備えている。

[0012] 振動部120は、XY平面に沿って平面状に広がる板状の輪郭を有している。振動部120は、保持部140の内側に設けられており、振動部120と保持部140との間には、所定の間隔で空間が形成されている。

[0013] 保持部140は、XY平面に沿って振動部120の外側を囲むように、矩形状の枠状に形成される。例えば、保持部140は、角柱形状の枠体から一体に形成されている。なお、保持部140は、振動部120の周囲の少なくとも一部に設けられていればよく、枠状の形状に限定されない。

[0014] 保持腕110は、保持部140の内側に設けられ、振動部120と保持部140とを接続する。

[0015] （2．振動部の積層構造）

次に、図2を用いて本実施形態に係る振動部120の積層構造について説明する。図2は、図1のAA'断面図である。

[0016] 本実施形態において、振動部120は、基板F1上に、下部電極E1（第1電極、及びハフニウム層の一例である。）が積層されて形成される。そして、下部電極E1の上には下部電極E1を覆うように圧電薄膜F2（窒化ガリウム層、圧電体層の一例である。）が積層されており、さらに圧電薄膜F2の上には、上部電極E2（第2電極の一例である。）が積層されている。

[0017] 基板F1は、例えば、厚さ10 μ m程度の縮退したn形Si（シリコン）半導体から形成されている。n型ドーパントとしてP（リン）やAs（ヒ素）、Sb（アンチモン）などを含むことができる。なお、基板F1は縮退したSiを主成分とする基板であることが好ましいがこれに限定されない。例えば基板F1は、非縮退のSiや、サファイア等の単結晶から形成されてもよいし、ガラスや酸化膜付きのSiといった非晶質な材料から形成されてもよい。

- [0018] 下部電極E 1は、H f（ハフニウム）の単体金属を主成分とするハフニウム層から形成される。ハフニウム層は、基板F 1との接触面及び圧電薄膜F 2との接触面を有している。
- [0019] 上部電極E 2は、例えばM o（モリブデン）やA l（アルミニウム）、A u（金）、W（タングステン）、P t（プラチナ）等を用いて形成される。
- [0020] 圧電薄膜F 2は、G a N（窒化ガリウム）を主成分とし、印加された電圧を振動に変換する圧電体の薄膜である。圧電薄膜F 2は、下部電極E 1、上部電極E 2によって圧電薄膜F 2に印加される電界に応じて、X Y平面の面内方向に伸縮する。この圧電薄膜F 2の伸縮によって、振動部1 2 0は、Y軸方向に輪郭振動する。
- [0021] なお、図2に示す積層構造は、半導体素子に用いられてもよい。当該積層構造は、例えば、トランジスタや発光素子などの半導体素子において、図2における圧電薄膜F 2が半導体層として、また、下部電極E 1が当該半導体層に接続される電極ないし配線層として用いられてもよい。
- [0022] （3．成膜方法）
- 次に、本実施形態に係る、振動部1 2 0のうち、下部電極E 1及び圧電薄膜F 2の成膜方法について説明する。
- 本実施形態では、下部電極E 1及び圧電薄膜F 2は、スパッタ法によって成膜される。まず、基板F 1上に以下の条件でスパッタリングを行い、下部電極E 1を成膜する。
- ・ターゲット H fの単体金属
 - ・圧力 0. 2 5 P a
 - ・温度 4 0 0℃
 - ・出力 1 8 0 W
 - ・時間 0. 2 5時間
- [0023] 次に、形成された下部電極E 1上に以下の条件でスパッタリングを行い、圧電薄膜F 2を成膜する。
- ・ターゲット G a N焼結

- ・圧力 0.25 Pa
- ・温度 500℃
- ・窒素濃度 50% (Ar : N₂ = 1 : 1)
- ・出力 100W
- ・時間 3時間

圧電薄膜F 2上に上部電極E 2を形成した後、上部電極E 2をエッチング等によって所望の形状に加工する。

[0024] 以上のように、本実施形態に係る振動部120は、下部電極E 1と圧電薄膜F 2とをスパッタリングによって成膜する。従って、Ga Nを低温で成膜することが可能になるため、下部電極E 1を簡易な装置ないしプロセスによって形成することができる。

[0025] (4. 比較例)

図3を参照し、本実施形態に係る下部電極E 1上に形成した圧電薄膜F 2の配向性と、比較例の下部電極上に形成したGa N膜の配向性とを、X線回折によって検証した結果を説明する。比較例の下部電極は、Ti (チタン)、Ti N (窒化チタン)、Hf N (窒化ハフニウム)をそれぞれ用いて形成したものである。図3A～3Dにおいて、横軸は反射面に対する入射波の角度を示し、縦軸は反射波の強度を示している。

[0026] 図3Aは、Tiを用いて形成した下部電極上に形成したGa N膜に対して、ロッキングカーブ測定を行った結果を示すグラフである。同様に、図3Bは下部電極にTi Nを用いた場合、図3Cは下部電極にHf Nを用いた場合におけるロッキングカーブ測定の結果を示している。図3A～3Cから明らかなように、いずれの場合もロッキングカーブの半値幅は10deg以上である。

[0027] 他方で、図3Dは本実施形態に係る圧電薄膜F 2に対してロッキングカーブ測定を行った結果を示している。この場合、Hf (002)のロッキングカーブの半値幅は2deg程度である。このように本実施形態によれば、下部電極E 1としてHfを用いることで、下部電極E 1上に形成される、Ga

Nを主成分とする圧電薄膜F 2の結晶性を高めることができる。なお、H fは六方晶構造をとり、H f (0 0 2)のピークがX R D (X-ray diffraction、X線回折)で強く観測される。

[0028] 次に、図4を参照して、振動部1 2 0がH fを主成分とする下部電極E 1を備えることの効果を検証した結果をさらに説明する。

[0029] 図4 Aは、下部電極E 1を形成せずに基板上に直接形成した比較例のG a N膜に対してX線回折を行った結果を示すグラフである。また、図4 Bは本実施形態に係る圧電薄膜F 2に対してX線回折を行った結果)を示すグラフである。図4 A、4 Bにおいて、横軸は入射波に対する反射波の角度を示し、縦軸は反射波の強度を示している。

[0030] 図4 A及び4 Bから明らかなように、比較例、すなわち、下部電極を有さないG a N膜における回折ピークの最大強度が1 1 2 9 c p sであるのに対して、本実施形態に係る圧電薄膜F 2における回折ピークの最大強度は、2 7 6 3 9 6 c p sである。従って図4のグラフから、本実施形態に係る振動部1 2 0はH fを主成分とする下部電極E 1を備えることによって、回折ピークの強度が向上することから、圧電薄膜F 2の結晶性が高まっていることが分かる。

[0031] さらに、比較例のG a N膜では、G a N (0 0 2)のロッキングカーブ測定における半値幅は1 0. 5 5 d e g、圧電定数の平均値は0. 8 3 p c / Nであった。他方で本実施形態に係る圧電薄膜F 2においては、ロッキングカーブ測定における半値幅は2 d e g程度、圧電定数の平均値は3. 1 8 p c / Nであった。なお、G a Nはウルツ鉱型構造をとり、G a N (0 0 2)のピークがX R Dで強く観測される。

[0032] これらの結果から、本実施形態に係る振動部1 2 0はH fを主成分とする下部電極E 1の上に、G a Nを主成分とする圧電薄膜F 2を形成することによって、良好な結晶性と、良好な圧電定数を得られることが分かる。

[0033] [第2の実施形態]

第2の実施形態以降では第1の実施形態と共通の事柄についての記述を省

略し、異なる点についてのみ説明する。特に、同様の構成による同様の作用効果については実施形態毎には逐次言及しない。

[0034] 図5は、本実施形態に係る振動部120の積層構造を示す図である。本実施形態に係る下部電極E1は、Hfの単体金属を主成分とし、基板F1と接触する面を有する第1層E11（第1ハフニウム層の一例である。）と、Hfの単体金属を主成分とし、圧電薄膜F2と接触する面を有する第2層E13（第2ハフニウム層の一例である。）と、第1層と第2層との間に形成された中間層E12（アルミニウム層の一例である。）とから形成される。なお、中間層E12はAl（アルミニウム）を主成分とする層であることが好ましいがこれに限定されず、例えばAlCu（アルミニウム－銅）合金やCu（銅）等、Hfよりも低い抵抗率を持つ金属層であってもよい。

[0035] 第1層E11、第2層E13、及び中間層E12はいずれもスパッタ法によって形成されることが好ましい。なお、第1層E11、及び第2層E13のスパッタリングにおける成膜条件は、第1実施形態における下部電極E1の成膜条件と同一である。他の成膜方法として、蒸着法で形成しても良い。

[0036] 本実施形態に係る振動部120は、下部電極E1に中間層E12を備えることによって、抵抗値を下げることができる。従って本実施形態に係る振動部120を用いることで、低損失な圧電共振子を製造することが可能になる。

[0037] 次に、図6を用いて本実施形態に係る振動部120が、中間層E12を有することによる圧電薄膜F2の結晶性への影響について説明する。図6Aは、本実施形態に係る圧電薄膜F2に対してX線回折を行った結果を示すグラフである。図6Bは第1実施形態に係る圧電薄膜F2に対してX線回折を行った結果を示すグラフである。図6Cは比較例として、振動部120が第1層E11を備えない構成である場合のGaN膜に対してX線回折を行った結果を示すグラフである。図6A～6Cにおいて、横軸は入射波に対する反射波の角度を示し、縦軸は反射波の強度を示している。

[0038] 図6A、6Bの結果から明らかなように、本実施形態に係る圧電薄膜F2

と第1実施形態に係る圧電薄膜F2とでは、回折ピークにおける最大強度はいずれも約 10^5 cps を示している。従って、振動部120が中間層E12を備えた場合でも、圧電薄膜F2の結晶性への影響はほとんどないといえる。

[0039] 他方で、図6Cの結果から、比較例のGa₂N膜では、第1層E11を備えずに、基板F1上に直接、中間層E12が形成されることによって、回折ピークにおける最大強度は約 10^3 cps まで低下している。これは、基板F1に直接中間層E12を形成した場合には、中間層E12の配向性が悪くなるため、その結果、中間層E12上に形成される第2層E13及びGa₂N膜の配向性が悪くなってしまうためであると考えられる。

[0040] 以上のように、本実施形態に係る振動部120は、Hfから形成される第1層E11、第2層E13の間に中間層E12を備えることで、圧電薄膜F2の結晶性を劣化させずに、下部電極E1の抵抗値を下げることができる。

[0041] 以上、本発明の例示的な実施形態について説明した。本発明の一実施形態に係る振動部120は、基板F1と、基板F1と対向して設けられ、窒化ガリウムを主成分とする圧電薄膜F2と、圧電薄膜F2と基板F1との間に設けられ、ハフニウムの単体金属を主成分とする少なくとも1層以上のハフニウム層を含み、少なくとも1層以上のハフニウム層において、圧電薄膜F2と接触する下部電極E1を備える。これによって本発明の一実施形態に係る振動部120は、スパッタ法を用いて簡易なプロセスで形成することができる。HfはGa₂Nとの格子整合が良いことが、振動部120が良好な結晶性と圧電性を得ることができる主な理由と考えられる。また、図3に示したように、Hfと同様に格子のミスマッチが小さいTiN、Ti又はHfNを主成分とする膜と比較しても、Hfが最も良好であった。なお、最近接原子間隔は、Ga₂Nが $3.2 \text{ \AA}$ 、TiNが $3.0 \text{ \AA}$ 、Tiが $3.0 \text{ \AA}$ 、HfNが $3.2 \text{ \AA}$ 、Hfが $3.2 \text{ \AA}$ である。

[0042] さらに、上述の少なくとも1層以上のハフニウム層は、基板F1と接触する面を有する第1層E11と、圧電薄膜F2と接触する面を有する第2層E

13とから形成され、下部電極E1は、第1層E11と第2層E13との間に形成された、アルミニウムを主成分とする中間層E12をさらに有することが好ましい。下部電極E1が中間層E12を備えることによって、振動部120は抵抗値を下げることができる。

[0043] また、振動部120は、圧電薄膜F2を挟んで下部電極E1と対向して設けられた上部電極E2をさらに備えることが好ましい。

[0044] さらに本発明の一実施形態に係る共振子10は、上述の振動部120を備えることによって、スパッタ法を用いて簡易なプロセスで形成することができる。

[0045] また、本発明の一実施形態に係る圧電素子製造方法は、基板F1の上に、ハフニウムを主成分とするハフニウム層を含む下部電極E1をスパッタリングによって形成する工程と、下部電極E1の上に窒化ガリウムを主成分とする圧電薄膜F2をスパッタリングによって形成する工程と、を含む。これによって、GaNを主成分とする圧電薄膜F2を低温で成膜することができるため、下部電極E1を簡易な装置ないしプロセスによって形成することができる。

[0046] なお、以上説明した各実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更／改良され得るととともに、本発明にはその等価物も含まれる。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実施形態が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることは言うまでもなく、これらも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

符号の説明

[0047] 10 共振子

1 2 0	振動部
F 1	基板
F 2	圧電薄膜
E 1	下部電極
E 1 1	第 1 層
E 1 2	中間層
E 1 3	第 2 層
E 2	上部電極

請求の範囲

- [請求項1] 基板と、
 前記基板と対向して設けられ、窒化ガリウムを主成分とする窒化ガリウム層と、
 前記窒化ガリウム層と前記基板との間に設けられ、ハフニウムを主成分とする少なくとも1層以上のハフニウム層を含み、前記少なくとも1層以上のハフニウム層において前記窒化ガリウム層と接触する第1電極と、
 を備える窒化ガリウム構造体。
- [請求項2] 請求項1に記載の窒化ガリウム構造体を備える圧電素子。
- [請求項3] 前記少なくとも1層以上のハフニウム層は、
 前記基板と接触する第1ハフニウム層と、前記窒化ガリウム層と接触する第2ハフニウム層と、を含み、
 前記第1電極は、
 前記第1ハフニウム層と前記第2ハフニウム層との間に形成された、アルミニウムを主成分とするアルミニウム層をさらに有する、請求項2に記載の圧電素子。
- [請求項4] 前記窒化ガリウム層を挟んで前記第1電極と対向して設けられた第2電極をさらに備える、請求項2または3に記載の圧電素子。
- [請求項5] 請求項2～4いずれか一項記載の圧電素子を備える共振子。
- [請求項6] 基板の上に、ハフニウムを主成分とするハフニウム層を含む電極をスパッタリングによって形成する工程と、
 前記電極の上に窒化ガリウムを主成分とする圧電体層をスパッタリングによって形成する工程と、
 を含む圧電素子製造方法。

[図1]

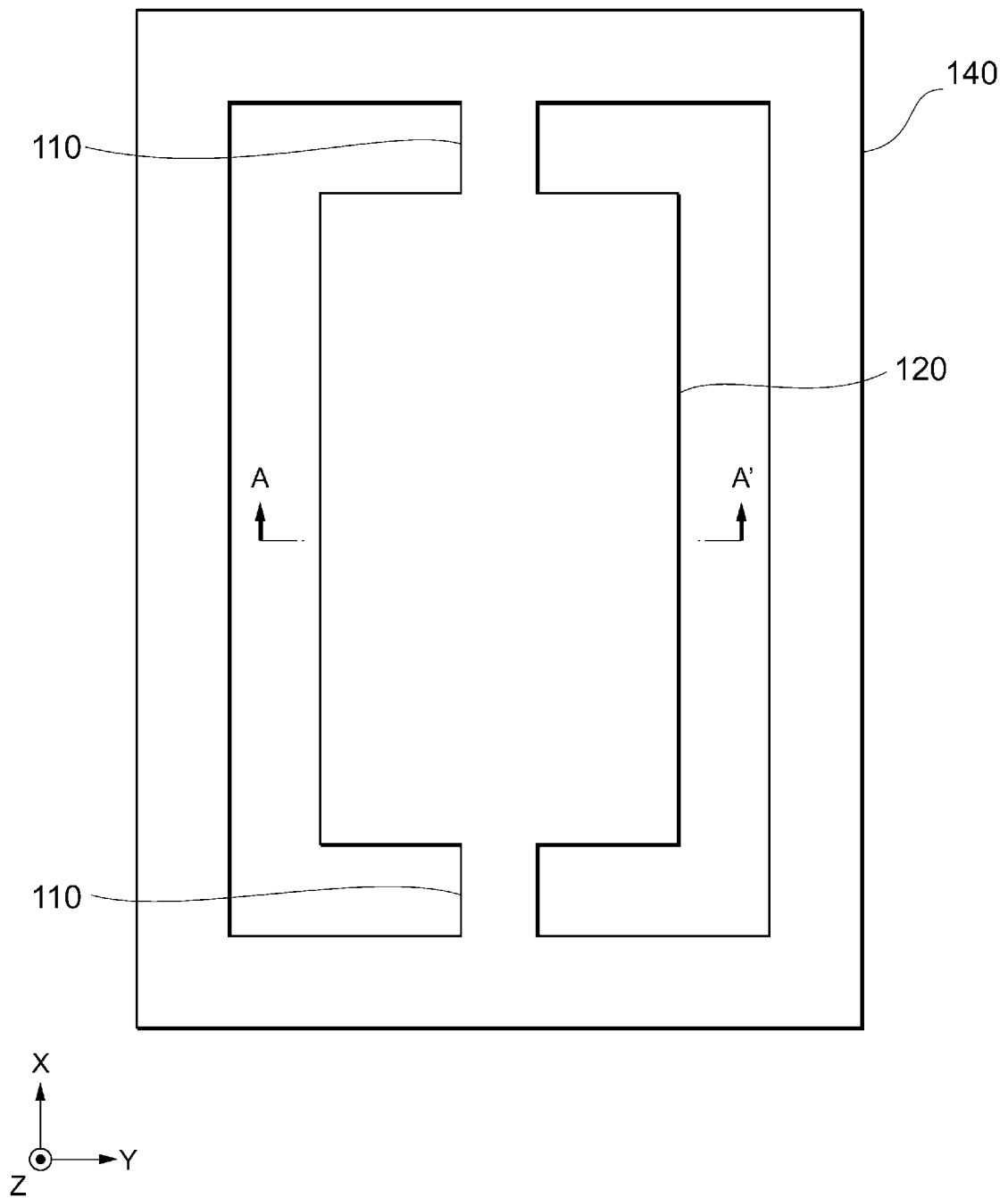
10

図 1

[図2]

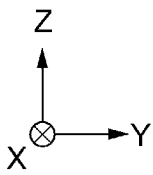
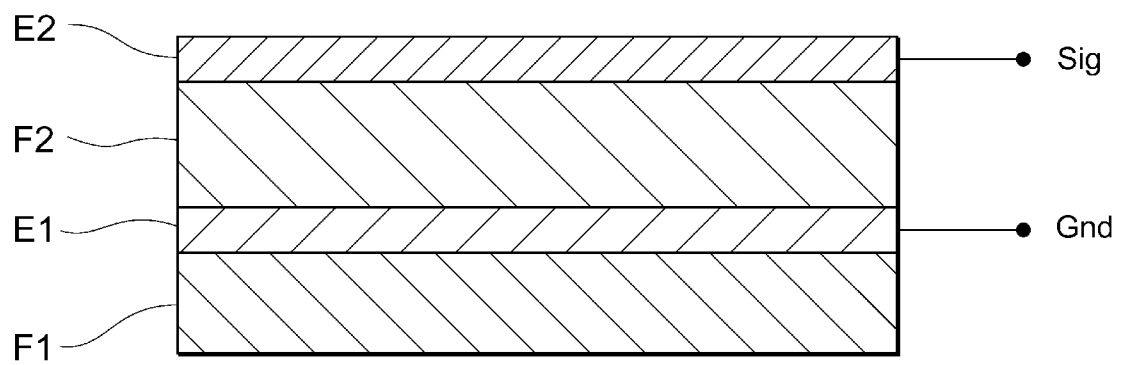


図 2

[図3A]

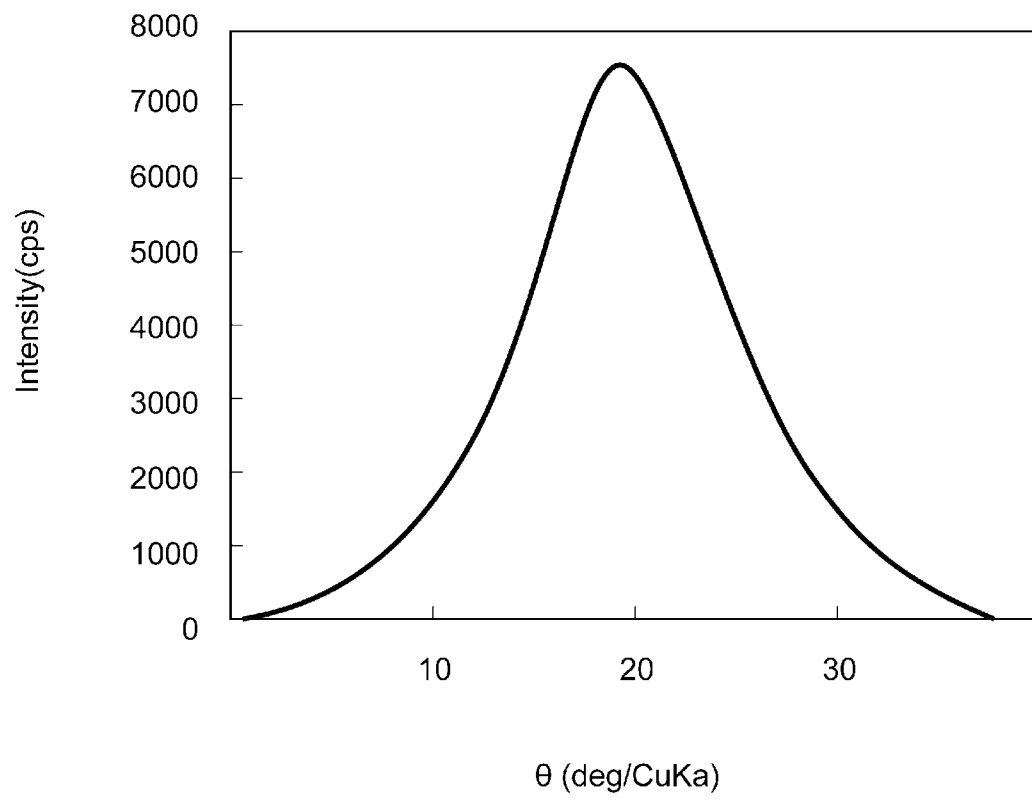
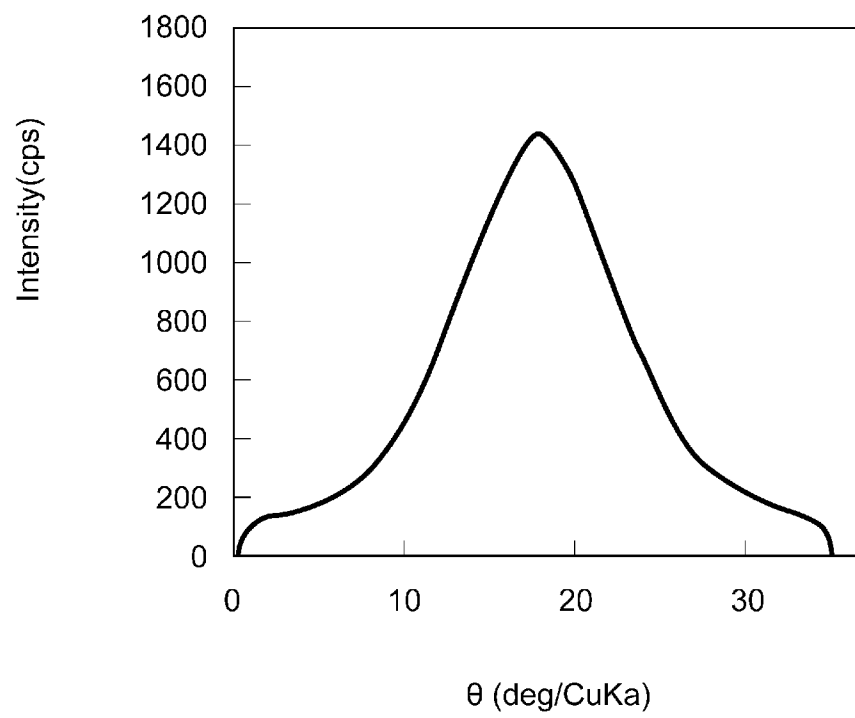


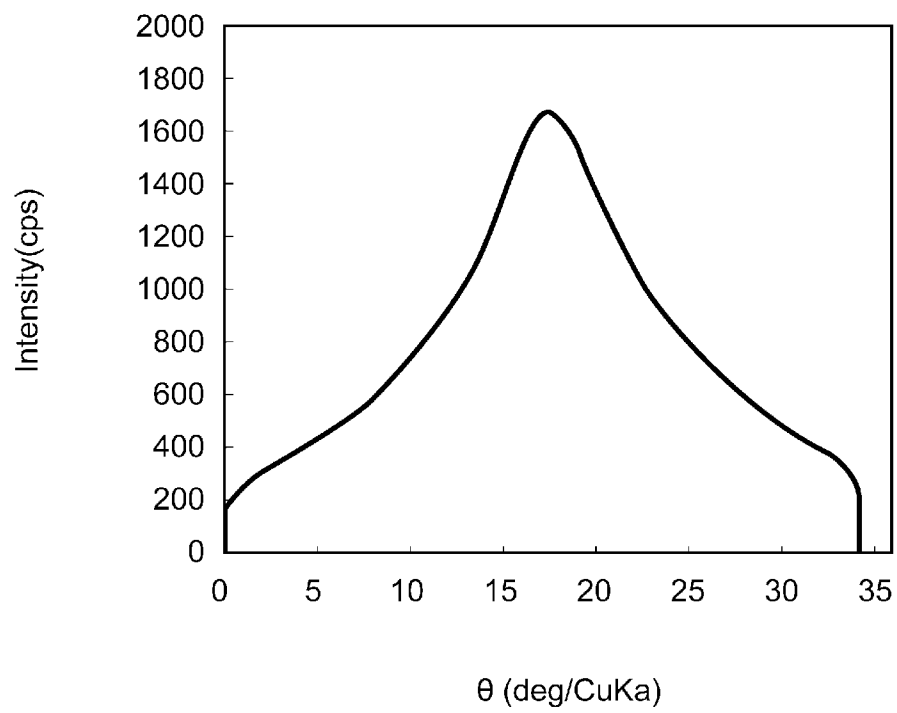
図 3 A

[図3B]



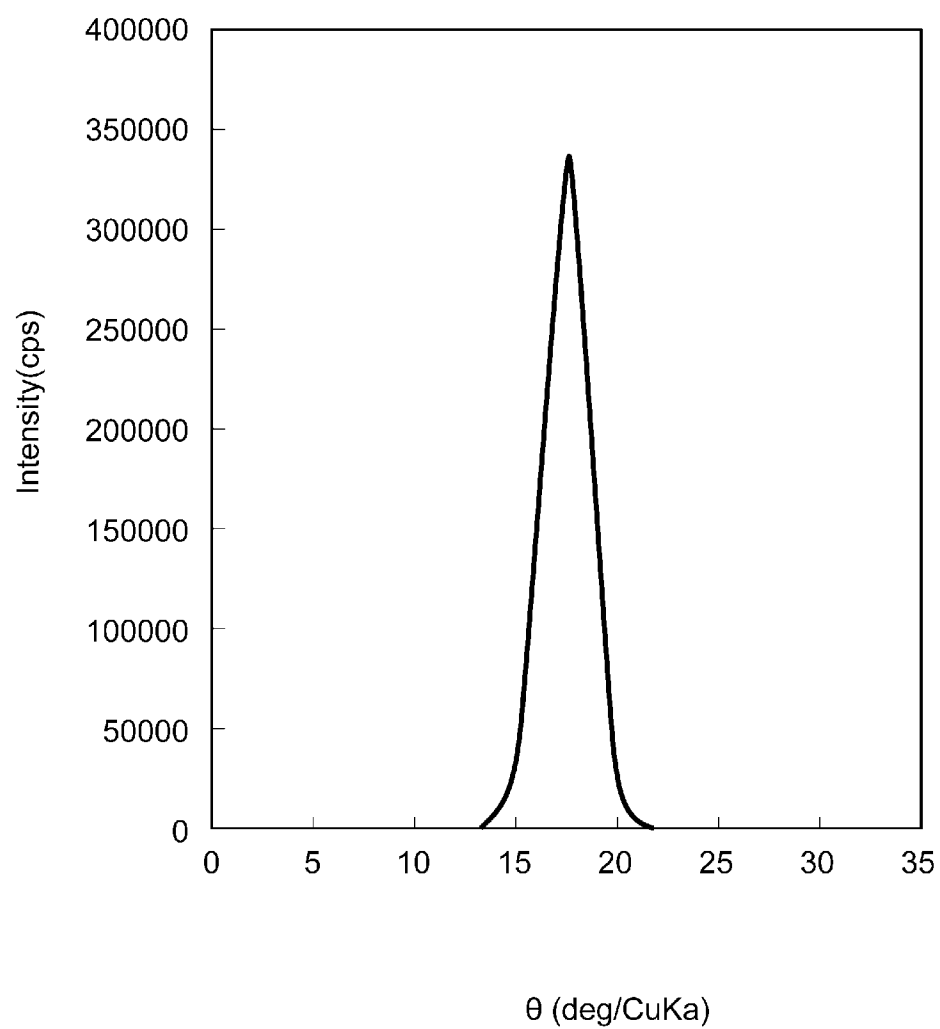
[図3B]

[図3C]



[図3C]

[図3D]



[図3D]

[図4A]

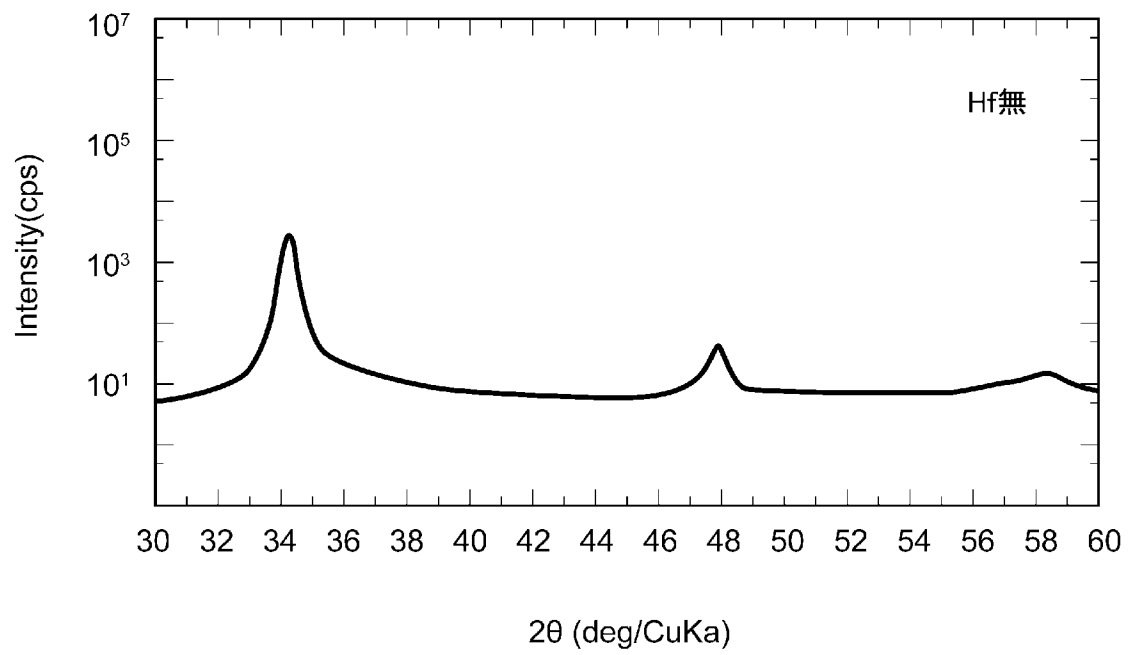


図 4 A

[図4B]

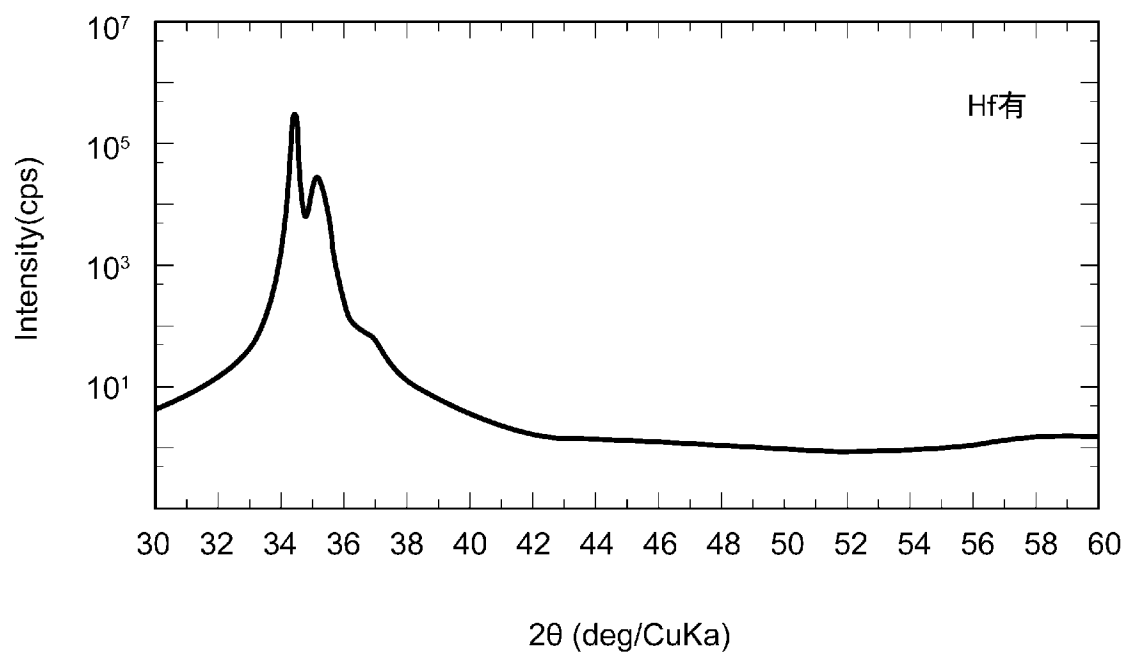


図 4 B

[図5]

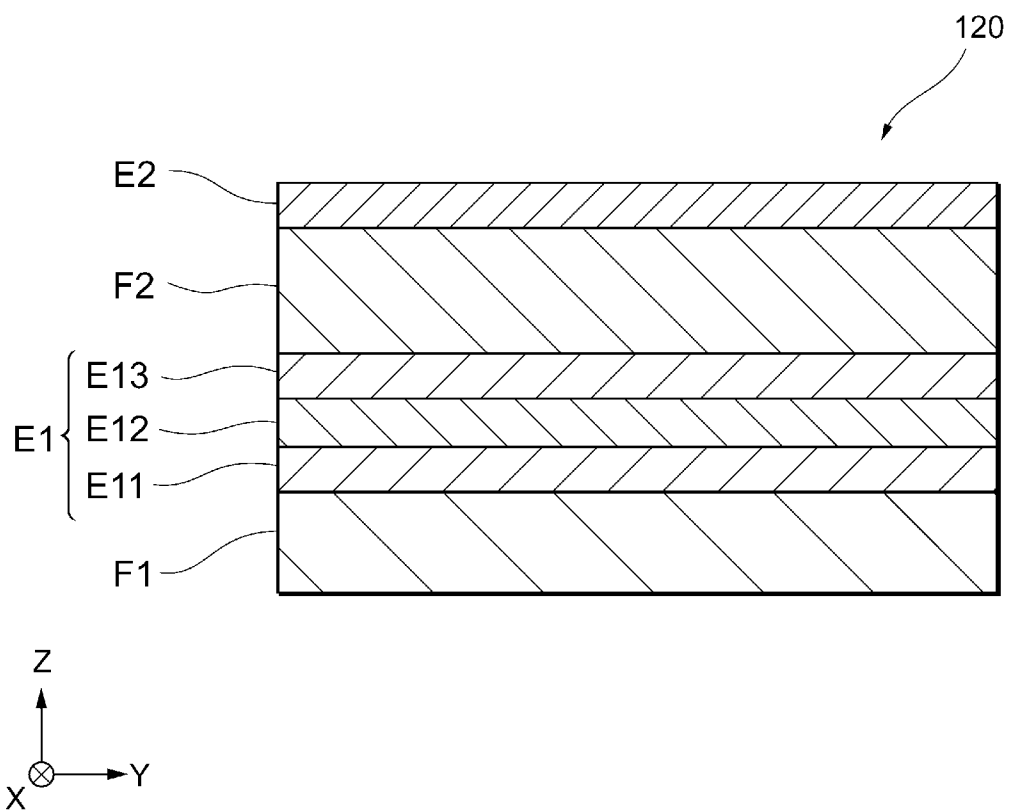


図 5

[図6A]

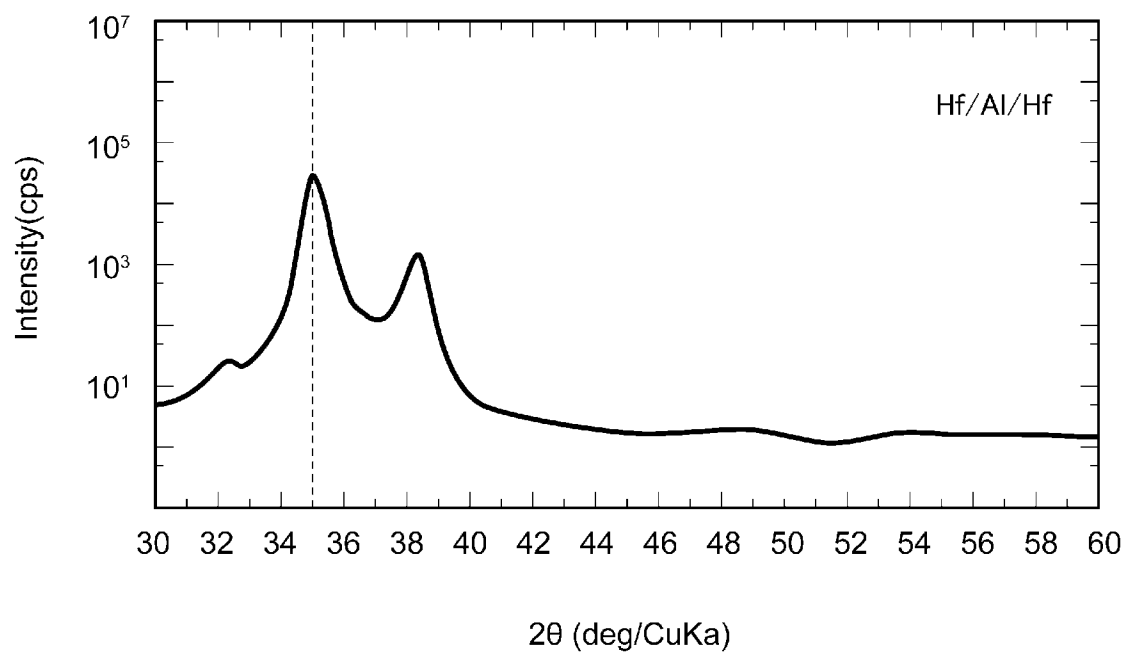


図 6 A

[図6B]

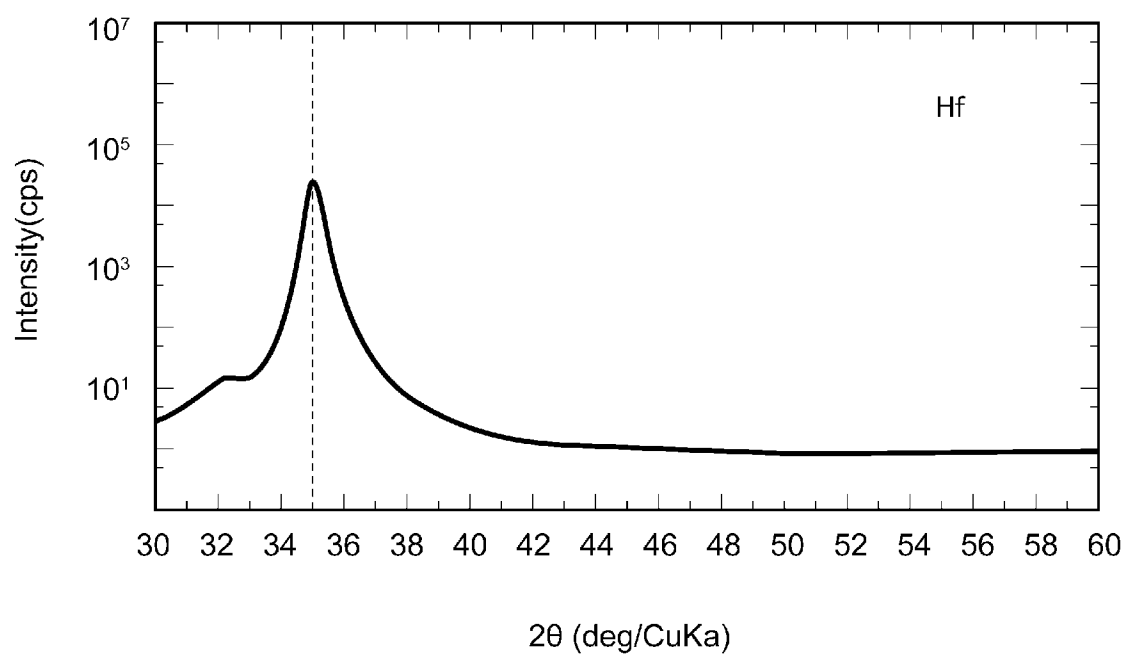
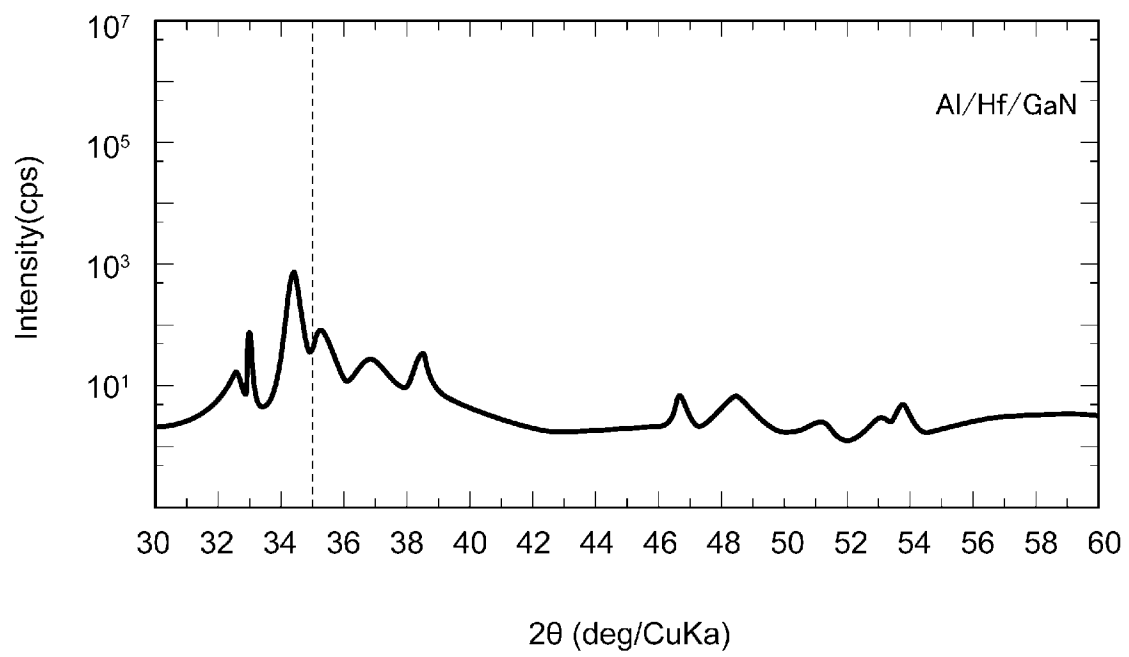


図 6 B

[図6C]



[図6C]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009459

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/17(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i,
H01L41/047(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i,
H01L41/187(2006.01)i, H01L41/29(2013.01)i, H01L41/316(2013.01)i,
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H9/17, B81B3/00, B81C1/00, H01L41/047, H01L41/09, H01L41/113,
H01L41/187, H01L41/29, H01L41/316, H03H3/007

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2004-269313 A (Hitachi Cable Ltd.), 30 September 2004 (30.09.2004), paragraphs [0015] to [0023] (Family: none)	1 1, 2, 4-6 3
Y A	JP 2005-136115 A (TDK Corp.), 26 May 2005 (26.05.2005), paragraphs [0019], [0029], [0040] to [0044]; fig. 1 & US 2005/0093157 A1 paragraphs [0032], [0042], [0053] to [0057]; fig. 1	1, 2, 4-6 3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 May 2017 (16.05.17)

Date of mailing of the international search report
30 May 2017 (30.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009459

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
(International Patent Classification (IPC))

H03H3/007(2006.01)i

(According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H9/17(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i, H01L41/047(2006.01)i,
H01L41/09(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/29(2013.01)i,
H01L41/316(2013.01)i, H03H3/007(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H9/17, B81B3/00, B81C1/00, H01L41/047, H01L41/09, H01L41/113, H01L41/187, H01L41/29, H01L41/316,
H03H3/007

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2004-269313 A (日立電線株式会社) 2004.09.30, [0015]-[0023] (ファミリーなし)	1 1, 2, 4-6 3
Y A	JP 2005-136115 A (TDK株式会社) 2005.05.26, [0019], [0029], [0040]-[0044], 図1 & US 2005/0093157 A1, [0032], [0042], [0053]-[0057], 図1	1, 2, 4-6 3

❏ C欄の続きにも文献が列挙されている。

❏ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.05.2017

国際調査報告の発送日

30.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

橋本 和志

5W

4183

電話番号 03-3581-1101 内線 3576