

(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
2014 年 9 月 4 日(04.09.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/133075 A1

- (51) 国際特許分類:
B32B 15/01 (2006.01) H01L 31/04 (2014.01)
B21B 1/22 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
C22C 21/00 (2006.01) H05B 33/02 (2006.01)
C23C 2/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/054856
- (22) 国際出願日: 2014 年 2 月 27 日(27.02.2014)
- (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 2013-039706 2013 年 2 月 28 日(28.02.2013) JP
- (71) 出願人: 新日鉄住金マテリアルズ株式会社(NIPPON STEEL & SUMIKIN MATERIALS CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1040061 東京都中央区銀座七丁目 1 6 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐脇 直哉(SAWAKI Naoya); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鉄住金株式会社内 Tokyo (JP). 寺嶋 晋一(TERASHIMA Shinichi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鉄住金株式会社内 Tokyo (JP). 田中 将元(TANAKA Masamoto); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鉄

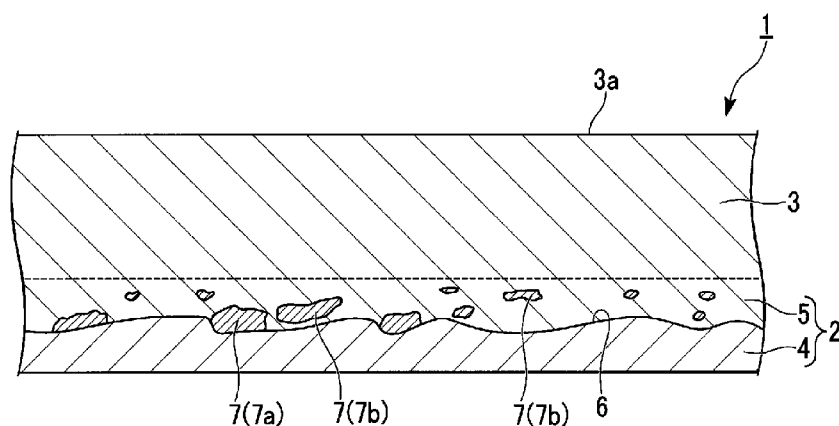
住金株式会社内 Tokyo (JP). 長▲崎▼ 修司(NA-GASAKI Shuji); 〒1040061 東京都中央区銀座七丁目 1 6 番 3 号 新日鉄住金マテリアルズ株式会社内 Tokyo (JP). 海野 裕人(UNNO Hiroto); 〒1040061 東京都中央区銀座七丁目 1 6 番 3 号 新日鉄住金マテリアルズ株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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,

[続葉有]

(54) Title: STEEL-ALUMINIUM COMPOSITE FOIL

(54) 発明の名称: 鋼アルミニウム複合箔



(57) Abstract: This steel-aluminium composite foil is provided with: a core layer provided with a steel layer, and an Al-containing metal layer formed upon the steel layer; and an Al layer stacked upon the Al-containing metal layer of the core layer. When viewed in a cross section having a cutting direction that is parallel with a thickness direction, dispersed Fe-Al alloy particles separated from the steel layer are included in the Al-containing metal layer.

(57) 要約: この鋼アルミニウム複合箔は、鋼層及び前記鋼層上に形成された Al 含有金属層を有する芯層と、前記芯層の前記 Al 含有金属層上に積層された Al 層と、を具備してなり、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、前記 Al 含有金属層中に、前記鋼層から離間して分散された Fe-Al 合金粒が含まれている。



WO 2014/133075 A1



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： 鋼アルミニウム複合箔

技術分野

[0001] 本発明は、鋼アルミニウム複合箔に関する。

本願は、2013年2月28日に、日本に出願された特願2013-39706号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] CIGS (Copper-Indium-Gallium-Selenium)、CIS (Copper-Indium-Selenium)、CdTe (Cadmium-Telluride) 等の化合物系太陽電池、アモルファスSi等の薄膜系太陽電池、それらを複数層積層させたハイブリッド型太陽電池、または有機EL (Electroluminescence) 照明には、CIGS層、CIS層、CdTe層、アモルファスSi層、または有機EL層等を強度的に支える目的で、基材と呼ばれる土台が使用される。

[0003] 従来、上記基材として、特許文献1に記載のように、ガラス基材が使用されることが多かった。ガラスは割れやすいので、厚みを大きくして強度を向上させる必要がある。しかし、ガラスの厚みを大きくすると、太陽電池や有機EL照明そのものが重くなる問題がある。

[0004] 一方、ガラス基材に代わる基材として、割れにくくかつ厚みを小さくすることに適した金属箔を使用することが試みられている。基材としての金属箔には、耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性の何れもが良好である要求がある。

[0005] 基材の耐食性は、基材として用いる金属箔が、20年以上の長期間に渡って屋外環境に曝されることを可能とするために必要とされる。

[0006] 基材の表面平滑性は、基材表面に存在する突起状欠陥によって、基材上に積層される太陽電池層や有機EL層が、物理的な損傷を受けることを避けるために必要とされる。基材表面は、突起状欠陥を有さない平滑な表面である

ことが望まれる。

[0007] 基材の弾塑性変形性は、基材をロール形状へ巻き取ることを可能とするために必要とされる。基材をロール形状へ巻き取ることが可能になれば、太陽電池等の製造工程を、従来の B a t c h 処理から、硬質なガラス基材では不可能であった R o l l t o R o l l 処理のような連続処理に変更することが可能となる。その結果、太陽電池や有機 E L 照明の製造コストの大幅な低減が可能になる。

[0008] 基材用金属箔として、一般的に、耐食性に優れるステンレス鋼を用いた金属箔（ステンレス箔という）の使用が進められている。特許文献 2 では、ステンレス箔上に、更に有機被膜を形成した基材が使用されている。

[0009] ステンレス箔は、優れた耐食性を有しているため、基材用金属箔として用いられる。しかし、ステンレス箔は、クロムを含むため価格が高い問題がある。加えて、ステンレス箔は、ステンレス鋼自体の硬度が高いために圧延が容易ではなく、箔にするための製造コストが高い問題も有している。そのため、ガラス基材と比べると使用頻度は低い。

[0010] 一方、普通鋼（炭素鋼）を用いた金属箔（以下、普通鋼箔という）は、ステンレス鋼よりも材料自体が安価であり、また、高い塑性変形能を有しているので、製造コストもステンレス箔に比べて大幅に低い。しかし、普通鋼箔そのものは、基材用金属箔として要求される耐食性を満足できない。基材用金属箔に要求される上記の耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性を満足する普通鋼箔があれば、太陽電池や有機 E L 照明などの製造コストを大幅に低減することが期待できる。

[0011] 耐食性を高めた普通鋼箔として、アルミニウムめっき層等の A l 含有金属層を備えた普通鋼箔が検討されている。しかし、従来の A l 含有金属層を有する普通鋼箔は、表面平滑性が十分ではない。

[0012] また、太陽電池や有機 E L 照明の製造工程では、各種の目的で熱処理を行うために、C l G S 層や有機 E L 層などの積層膜が形成された後の基材用金属箔を、数百℃程度に加熱してから冷却する場合がある。しかしながら、例

えば上記の A l 含有金属層を有する普通鋼箔では、このような熱処理を行うと、アルミニウムめっき層の剥離や割れが生じるおそれがある。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：日本国特開 2 0 0 6 - 8 0 3 7 0 号公報

特許文献2：日本国特開 2 0 0 6 - 2 9 5 0 3 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、太陽電池や有機 E L 照明の基材用金属箔として要求される耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性を同時に満足するとともに、高温に加熱して冷却した場合にも A l 含有金属層などの剥離や割れが生じにくい鋼アルミニウム複合箔を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明の要旨は以下の通りである。

(1) 本発明の一態様にかかる鋼アルミニウム複合箔は、鋼層及び前記鋼層上に形成された A l 含有金属層を有する芯層と、前記芯層の前記 A l 含有金属層上に積層された A l 層と、を備え、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、前記 A l 含有金属層中に、前記鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒が含まれる。

(2) 上記 (1) に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記断面で見た場合に、前記 A l 含有金属層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記 F e - A l 合金粒の面積分率が、前記断面中に含まれる F e - A l 合金粒に対して、7.5 面積%以上 50 面積%未満の範囲であってもよい。

(3) 上記 (1) または (2) に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記 A l 含有金属層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記 F e - A l 合金粒の粒径が、0.1 ~ 5 μ m の範囲であってもよい。

(4) 上記(1)～(3)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記断面で見た場合に、前記A層中に、前記鋼層から離間して分散されたFe-A合金粒が含まれてもよい。

(5) 上記(4)に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記断面で見た場合に、前記A層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記Fe-A合金粒の面積分率が、前記断面中に含まれるFe-A合金粒に対して、7.5面積%以上40面積%未満の範囲であってもよい。

(6) 上記(4)または(5)に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記A層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記Fe-A合金粒の粒径が、0.1～5μmの範囲であってもよい。

(7) 上記(1)～(6)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記厚さ方向を法線とする前記鋼層の2つの外面を鋼層面としたとき、前記A含有金属層が、それぞれの前記鋼層面上に配されてもよい。

(8) 上記(7)に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記厚さ方向を法線とする前記A含有金属層の2つの外面をA含有金属層面としたとき、前記A層が、それぞれの前記A含有金属層面上に配されてもよい。

(9) 上記(1)～(8)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記断面中に含まれるボイドが、円相当径で1μm未満であってもよい。

(10) 上記(1)～(9)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記A含有金属層の化学成分が、1～15質量%のSiを含有し、残部がA及び不純物からなってもよい。

(11) 上記(1)～(10)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記Fe-A合金粒が、FeAl₃、Fe₂Al₈Si、FeAl₅Siから選択される少なくとも1つの金属間化合物を含んでもよい。

(12) 上記(1)～(11)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記A層の化学成分が、99.0質量%以上のA及び不純物からなってもよい。

(13) 上記(1)～(12)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔

では、前記AⅠ層の表面の表面粗さR_aが、10～25nmであってもよい。

(14) 上記(1)～(13)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記AⅠ層の表面に、さらに、AⅠN層及びAⅠ₂O₃層から選択される少なくとも1つが備えられてもよい。

(15) 上記(1)～(13)の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔では、前記AⅠ層の表面に、さらに、ゾルゲル層及びラミネート層から選択される少なくとも1つが備えられてもよい。

発明の効果

[0016] 本発明の上記態様によれば、太陽電池や有機EL照明の基材用金属箔として要求される耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性を同時に満足するとともに、高温に加熱して冷却した場合にもAⅠ含有金属層などの剥離や割れが生じにくい鋼アルミニウム複合箔を提供できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔の要部を示す拡大断面模式図である。

[図2]本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔の変形例の要部を示す拡大断面模式図である。

[図3]本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔に含まれるFe-AⅠ合金粒とその近傍とを示す拡大断面模式図である。

[図4]本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔の変形例の要部を示す拡大断面模式図である。

[図5]本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔の断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0018] 太陽電池または有機EL照明に用いる基材用金属箔として、アルミニウム箔やステンレス箔の他に、アルミニウムめっき鋼箔が候補として挙げられる。このアルミニウムめっき鋼箔は、普通鋼である鋼板上に、AⅠ含有金属層であるアルミニウムめっき層が配された金属箔である。アルミニウムめっき

鋼箔は、強度に優れ、原料費や製造費などのコストにも優れることから、アルミニウム箔やステンレス箔よりも基材用金属箔として有望と言える。ただ、アルミニウムめっき鋼箔を基材として使用するためには、表面平滑性のさらなる向上や、剥離や割れのさらなる抑制などが必要となる。

[0019] 一般に、アルミニウムめっき鋼箔は、アルミニウムめっき鋼板を箔状になるまで圧延することで製造される。また一般に、上記圧延前のアルミニウムめっき鋼板は、普通鋼である鋼板を溶融アルミニウムめっき浴に浸漬することで製造される。この溶融アルミニウムめっき浴には、溶融温度を低下させる目的で、S i を含有させる場合がある。この場合、アルミニウムめっき層には、A l 相とS i 相との共晶組織が生成される。また、溶融アルミニウムめっきを行うことによって、アルミニウムめっき層と鋼層（地鉄）との界面（境界）には、F e - A l 合金層も形成される。

[0020] アルミニウムめっき鋼箔を基材として用いる場合、アルミニウムめっき鋼箔のアルミニウムめっき層上に、太陽電池の発電層や有機E L素子を形成する。そのため、このアルミニウムめっき層の表面には高い平坦性（表面平滑性）が求められる。しかし、上述したA l 相とS i 相との共晶組織がアルミニウムめっき層に存在する場合、A l 相とS i 相との界面に起因して、アルミニウムめっき層の表面に凹凸が生じやすい。すなわち、S i 等の合金成分を含むアルミニウムめっき層では、その表面平滑性の向上に限界があると言える。

[0021] また、太陽電池や有機E L照明の製造工程には、基材を比較的高温に加熱してから冷却する工程が含まれる。このような熱履歴をアルミニウムめっき鋼箔が受けると、鋼層とアルミニウムめっき層との剥離が生じることがあり、またアルミニウムめっき層で割れが起きることがある。このような剥離や割れの発生は、鋼層の熱膨張係数とアルミニウムめっき層の熱膨張係数との差が大きいことや、鋼層とアルミニウムめっき層との界面にF e - A l 合金層が存在することなどに起因する。

[0022] このように、アルミニウムめっき鋼箔を基材として用いるためには、表面

平滑性を向上させるとともに、アルミニウムめっき層の剥がれや割れを防止する必要がある。

[0023] これらの課題に対して、アルミニウムめっき鋼箔の表面平滑性を高める方法として、クラッド圧延によってアルミニウムめっき鋼板上に純アルミニウム材を積層させることが検討されている。純アルミニウム材は共晶組織を有さずA1相単相であるので、クラッド圧延して得られる鋼アルミニウム複合箔は、基材として要求される表面平滑性を満足する。しかし、この鋼アルミニウム複合箔は、アルミニウムめっき層と鋼層との剥離やアルミニウムめっき層の割れなどの問題を依然として有する。

[0024] 本発明者らは、A1含有金属層であるアルミニウムめっき層を改質することで、アルミニウムめっき層と鋼層との剥離やアルミニウムめっき層の割れが防止可能であるかを鋭意検討した。その結果、以下に説明する鋼アルミニウム複合箔を見出した。

[0025] 以下、本発明の一実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔について詳細に説明する。

[0026] 本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1は、図1に示すように、芯層2上にA1層3が積層されて構成されている。また、芯層2は、鋼層4及び鋼層4上に形成されたA1含有金属層5から構成されている。なお、図1は、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合の鋼アルミニウム複合箔1を示しており、かつ芯層2の一部とこの芯層2上に積層されたA1層3とを拡大して示している。

[0027] 芯層2を構成する鋼層4は、厚さが5～200 μ m程度であり、普通鋼（炭素鋼）であることが好ましい。厚さがこの範囲であれば、十分な強度と優れた弾塑性変形性を保つことができる。厚さが200 μ m以下であれば、鋼アルミニウム複合箔1の質量が過剰に重くなることがない。また、厚さが5 μ m以上であれば、十分な強度が得られる。鋼層4の厚さのより好ましい範囲は10～160 μ mである。

[0028] 芯層2を構成するA1含有金属層5は、A1含有めっきにより形成された

ものであり、より具体的には溶融アルミニウムめっきにより形成されたものである。このAl含有金属層5を鋼層4上に形成することで、鋼層4の耐食性を高めることができる。Al含有金属層5の化学成分は、平均として、1～15質量%のSiを含有し、残部がAl及び不純物からなることが好ましい。なお、本実施形態での「不純物」とは、原料または製造環境等から混入するものを指す。また、平均としての化学成分とは、複数個所で複数回の測定を行ったときの平均値を意味する。

[0029] 溶融アルミニウムめっき浴にSiを含有させることで、溶融アルミニウムめっき浴の融点を好ましく低下させることができる。その結果、溶融めっきの操業をより容易にできる。さらに、溶融アルミニウムめっき浴にSiを含有させることで、鋼層4とAl含有金属層5との界面6に生成する硬質なFe-Al合金層の過大な成長を好ましく抑制することができる。Siの含有率が15質量%以下であれば、Al含有金属層5中に粗大なSiが析出することがなく、耐食性、めっき密着性を損なうおそれがない。また、Si含有率が低いとAl含有金属層5の全部のAlが鋼層4（地鉄）のFeと合金化してしまうおそれがあるので、Si含有率は、1質量%以上が好ましく、4質量%以上がより好ましい。

[0030] Al含有金属層5の厚さは、0.3～25 μ mの範囲が好ましく、1～25 μ mの範囲がより好ましく、3～25 μ mの範囲が更に好ましく、8～25 μ mの範囲が最も好ましい。厚さが0.3 μ m以上であれば、好適な耐食効果が得られる。また、厚さが25 μ m以下であれば、Alを大量にめっきする必要がなく、生産コストを向上できる。

[0031] 図1に示すように、鋼層4とAl含有金属層5との界面6には、Fe-Al合金粒7が分散して形成される。溶融アルミニウムめっきを行う際に、鋼層4とAl含有金属層5との界面6にはFe-Al合金相が層状に形成される。Fe-Al合金粒7は、このFe-Al合金層を分散させることにより形成されたものである。Fe-Al合金粒7は、例えば、FeAl₃、Fe₂Al₈Si、FeAl₅Siから選択される少なくとも1つの金属間化合物を

含むことが好ましい。Fe-Al合金層は非常に硬くて脆いため、層状のままだと鋼アルミニウム複合箔1を弾塑性変形させた際の変形に追随できず、鋼層4とAl含有金属層5との剥離、及び、Al含有金属層5の割れを誘発する。しかしながら、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1では、Fe-Al合金粒7が分散されていることで、鋼アルミニウム複合箔1を弾塑性変形させた際に、鋼層4とAl含有金属層5との剥離、及び、Al含有金属層5の割れを防止できる。

[0032] 鋼層4とAl含有金属層5との界面6に形成されるFe-Al合金層は、化学成分が、平均として、Fe：10～35原子%、Al：50～80原子%、Si：0.5～20原子%、かつFeとAlとSiとの合計が95原子%以上となることが好ましい。このFe-Al合金層から形成されるFe-Al合金粒7の化学成分も、平均として、Fe：10～35原子%、Al：50～80原子%、Si：0.5～20原子%、かつFeとAlとSiとの合計が95原子%以上となることが好ましい。ただ、Fe-Al合金粒7は、粒ごとに異なる化学成分を有する場合がある。Fe-Al合金粒7の化学成分は、平均として、Fe：15～25原子%、Al：60～75原子%、Si：1～15原子%であることがより好ましい。

[0033] Fe-Al合金粒7には、鋼層4に接した状態で鋼層4とAl含有金属層5との界面6に分散されたFe-Al合金粒7aと、鋼層4から離間した状態でAl含有金属層5中に分散されたFe-Al合金粒7bとが含まれる。このうち、鋼層4から離間した状態でAl含有金属層5中に分散されたFe-Al合金粒7bが存在することで、弾塑性変形性を向上できる。

[0034] ここで、鋼層4の熱膨張係数（例えば $10.5 \sim 12.2 \times 10^{-6} / \text{K}$ ）と、Al含有金属層5をなすAlの熱膨張係数（例えば $22.3 \times 10^{-6} / \text{K}$ ）との差は大きい。しかし、Fe-Al合金粒7が鋼層4から離間してAl含有金属層5中に分散することで、Al含有金属層5に対する熱膨張のピン留め効果が発揮される。その結果、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1が、太陽電池や有機EL照明等の製造プロセス中で数百℃に加熱され、その

後室温近くまで冷却される熱履歴を受けたとしても、鋼層4とA1含有金属層5との剥離、及びA1含有金属層5の割れが防止される。この効果は、A1含有金属層5の熱膨張係数がFe-A1合金粒7bによって見かけ上で低下して、鋼層4の熱膨張係数とA1含有金属層5の熱膨張係数との差が小さくなることに起因すると推測される。なお、Fe-A1合金粒7bをA1含有金属層5中に分散させるには、クラッド圧延後の冷間圧延条件を制御すればよい。

[0035] 厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、A1含有金属層5中に含まれる鋼層4から離間して分散されたFe-A1合金粒7bの面積分率は、上記断面中に含まれるFe-A1合金粒7に対して、7.5面積%以上50面積%未満の範囲が好ましい。このFe-A1合金粒7bの面積分率の下限は、10面積%がより好ましく、15面積%が更に好ましい。また、このFe-A1合金粒7bの面積分率の上限は、40面積%がより好ましく、35面積%が更に好ましい。Fe-A1合金粒7bの面積分率が7.5面積%以上であれば、鋼層4とA1含有金属層5との剥離、及び、A1含有金属層5の割れを効果的に防止できる。Fe-A1合金粒7bの面積分率は大きいほど好ましいが、50面積%以上にするのは製造工程の制約上困難なので、50面積%未満を上限とする。なお、Fe-A1合金粒7が鋼層4から離間しているか否かは、鋼層4とA1含有金属層5との上記断面を観察して判断すればよい。

[0036] A1含有金属層5中に含まれる鋼層4から離間して分散されたFe-A1合金粒7bの粒径は、0.1~5 μ mの範囲であることが好ましい。このFe-A1合金粒7bの粒径の下限は、0.2 μ mがより好ましい。また、このFe-A1合金粒7bの粒径の上限は、4 μ mがより好ましく、3 μ mが更に好ましい。Fe-A1合金粒7bの粒径が5 μ mを超えると、鋼アルミニウム複合箔1が変形された際にA1含有金属層5が割れるおそれがある。また、Fe-A1合金粒7bの粒径が0.1 μ m未満であると、Fe-A1合金粒7bがA1含有金属層5中に分散したとしても、熱膨張のピン留め効

果が十分に発揮されないおそれがある。

[0037] 鋼層4とAl含有金属層5との界面6は、平坦ではなく凹凸面となっていることが好ましい。この凹凸状の界面6は、クラッド圧延後の冷間圧延によってFe-Al合金層がFe-Al合金粒7として分散された際に、Fe-Al合金粒7が鋼層4及びAl含有金属層5にそれぞれ食い込むことで形成されると推測される。このように、鋼層4とAl含有金属層5との界面6が凹凸面となることで、高温下で鋼層4とAl含有金属層5とが熱膨張した際にアンカー効果が発揮され、鋼層4とAl含有金属層5との剥離をより効果的に防止できる。

[0038] また、Al層3は、芯層2のAl含有金属層5上に積層されている。このAl層3は、芯材（アルミニウムめっき鋼板）とAl材とをクラッド圧延し、更に冷間圧延することで形成される。Al層3の厚さは、1～140 μ mの範囲が好ましい。Al層3の厚さの下限は、3 μ mがより好ましく、5 μ mが更に好ましい。Al層3の厚さの上限は、50 μ mがより好ましく、30 μ mが更に好ましい。Al層3の厚さが1 μ m以上であれば、Al層3の表面3aを平坦化するのに好ましい厚さとなる。また、この厚さが140 μ m以下であれば、Al層3の質量が増大することがなく、鋼アルミニウム複合箔1の軽量化が図られるので好ましい。

[0039] Al層3は、化学成分が、平均として、99.0質量%以上のAl及び不純物からなることが好ましい。また、Al層3は、99.9質量%以上のAlを含むことがより好ましい。これにより、Al層3中に共晶組織が生成することがなく、Al層3の表面3aの表面平滑性を好ましく高めることができる。

[0040] Al層3の表面3aは、その表面粗さRaが600nm以下であるとき許容できる表面平滑性となるが、Al層3の表面3aの表面粗さRaは、10～25nmの範囲が好ましく、10～20nmの範囲がより好ましい。Al層3の表面粗さRaが25nm以下であれば、太陽電池や有機EL照明の基材として要求される表面平滑性を好ましく満足できる。Al層3の表面粗さ

R_aは小さければ小さいほどよいが、表面粗さR_aを10nm未満にすることは、平坦化プロセスのコスト増となる。なお、A1層3の表面粗さR_aの制御は、クラッド圧延後の冷間圧延工程で実施する。

[0041] 図2は、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1の変形例の要部を示す拡大断面模式図である。なお、この図2は、図1と同様に、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合の鋼アルミニウム複合箔1を示しており、かつ芯層2の一部とこの芯層2上に積層されたA1層3とを拡大して示している。この図2に示すように、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1では、A1層3中に、鋼層4から離間して分散されたFe-A1合金粒7cが含まれてもよい。

[0042] 鋼層4から離間して分散されたFe-A1合金粒7cがA1層3中に含まれるとき、A1層3に対する熱膨張のピン留め効果が好ましく発揮される。その結果、鋼アルミニウム複合箔1が、数百℃に加熱され、その後室温近くまで冷却される熱履歴を受けたとしても、A1層3とA1含有金属層5との剥離、A1含有金属層5と鋼層4との剥離、A1層3の割れ、及びA1含有金属層5の割れが好ましく防止される。この効果は、A1層3の熱膨張係数がFe-A1合金粒7cによって見かけ上で低下して、鋼層4の熱膨張係数とA1層3の熱膨張係数との差、及びA1含有金属層5の熱膨張係数とA1層3の熱膨張係数との差が小さくなることに起因すると推測される。なお、Fe-A1合金粒7cをA1層3中に分散させるには、A1含有金属層5の厚さが、Fe-A1合金粒7の粒径範囲の最大値を2倍した値よりも小さくなるように、素材となる鋼板のめっき付着量（A1含有金属層5の厚さ）と、Fe-A1合金層の厚さとを制御すれば良い。このようにすれば、鋼層4から離間して分散されたFe-A1合金粒7の一部が、冷間圧延工程で、A1含有金属層5を経てさらにA1層3中へと分散する。

[0043] 厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、A1層3中に含まれる鋼層4から離間して分散されたFe-A1合金粒7cの面積分率は、上記断面中に含まれるFe-A1合金粒7に対して、7.5面積%以上40面積%

未満の範囲が好ましい。このFe-A合金粒7cの面積分率の下限は、10面積%がより好ましく、15面積%が更に好ましい。また、このFe-A合金粒7cの面積分率の上限は、30面積%がより好ましく、25面積%が更に好ましい。Fe-A合金粒7cの面積分率が7.5面積%以上であれば、A層3とA含有金属層5との剥離、A含有金属層5と鋼層4との剥離、A層3の割れ、及びA含有金属層5の割れを好ましく防止できる。Fe-A合金粒7cの面積分率は大きいほど好ましいが、40面積%以上にするのは製造工程の制約上困難なので、40面積%未満を上限とする。

[0044] A層3中に含まれる鋼層4から離間して分散されたFe-A合金粒7cの粒径は、0.1~5 μ mの範囲であることが好ましい。このFe-A合金粒7cの粒径の下限は、0.2 μ mがより好ましく、0.3 μ mが更に好ましい。また、このFe-A合金粒7cの粒径の上限は、4 μ mがより好ましく、3.5 μ mが更に好ましい。Fe-A合金粒7cの粒径が5 μ mを超えると、鋼アルミニウム複合箔1が変形された際にA層3またはA含有金属層5が割れるおそれがある。また、Fe-A合金粒7cの粒径が0.1 μ m未満であると、Fe-A合金粒7cがA層3中に分散したとしても、熱膨張のピン留め効果が十分に発揮されないおそれがある。なお、Fe-A合金粒7cの粒径は、A層3の厚さよりも必ず小さくなる。

[0045] 図3は、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1に含まれるFe-A合金粒7とその近傍とを示す拡大断面模式図である。この図3は、図1及び図2と同様に、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合の鋼アルミニウム複合箔1を示している。この図3に示すように、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1には、ボイド9が含まれる場合がある。

[0046] このボイド9は、鋼アルミニウム複合箔1が数百℃に加熱された後に室温近くまで冷却される熱履歴を受けたときに、鋼層4とA含有金属層5との剥離、A含有金属層5とA層3との剥離、A含有金属層5の割れ、またはA層3の割れなどの原因となる可能性がある。そのため、鋼アルミニ

ウム複合箔 1 の電気抵抗が高まり、光電変換効率が低下し、耐温度サイクル性が低下するおそれがある。よって、このボイド 9 のサイズは小さいことが好ましい。具体的には、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、断面中に含まれるボイド 9 が、円相当径（円相当直径）で $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満であることが好ましい。ボイド 9 の円相当径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満であれば、鋼層 4 と A l 含有金属層 5 との剥離、A l 含有金属層 5 と A l 層 3 との剥離、A l 含有金属層 5 の割れ、または A l 層 3 の割れなどを引き起こす可能性が小さい。なお、ボイド 9 の円相当径を制御するには、クラッド圧延工程前のアルミニウムめっき層（A l 含有金属層）及び A l 材の合計の厚さと、クラッド圧延及び冷間圧延での合計の圧下率とを制御すればよい。

[0047] 図 4 は、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔 1 の変形例の要部を示す拡大断面模式図である。この図 4 に示すように、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 の A l 層 3 上に、各種の被覆層 8 を形成してもよい。また、被覆層 8 は、その表面粗さ R_a が 600 nm 以下であるとき許容できる表面平滑性となるが、これらの被覆層 8 の表面粗さ R_a は、これらの被覆層 8 を形成しない場合の A l 層 3 の表面 $3a$ と同様に、 $10\sim 25\text{ nm}$ の範囲が好ましく、 $10\sim 20\text{ nm}$ の範囲がより好ましい。

[0048] 被覆層 8 として例えば、A l 層 3 の上に、厚さ $0.01\sim 4\text{ }\mu\text{m}$ の A l N 層または厚さ $0.05\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ の Al_2O_3 層を形成することが好ましい。A l N 層の厚さが $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以上、または Al_2O_3 層の厚さが $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上のとき、A l 層 3 の表面を絶縁性にすることができ、太陽電池や有機 EL 照明の絶縁性下地膜として機能させることができるので好ましい。厚さ $4\text{ }\mu\text{m}$ 超の A l N 層や厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ 超の Al_2O_3 層を生成することは、生産コストが上昇するので、好ましくない。

[0049] また、A l N 層や Al_2O_3 層に代えて、A l 層 3 の上に、厚さ $0.001\sim 8\text{ }\mu\text{m}$ のゾルゲル層を形成してもよい。ゾルゲル層は、三次元網目構造状に発達したシロキサン結合を主骨格とした無機骨格を有し、この骨格の架橋酸素の少なくとも 1 個が有機基および／または水素原子で置換されたゾルゲ

ル層である。ゾルゲル層を有することで、 AlN 層及び Al_2O_3 層と同様の効果が得られる。より好ましくは、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚さとする。上述の効果がより増すのでよい。ゾルゲル層の厚さが $0.001\text{ }\mu\text{m}$ 未満では、上述の効果が得られない。厚さが $8\text{ }\mu\text{m}$ 超では、生産コストが上昇する。

[0050] また、 AlN 層や Al_2O_3 層に代えて、 Al 層3の上に、厚さ $1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ のラミネート層を形成してもよい。ラミネート層は、ポリオレフィン、ポリエステル、ポリアミド、ポリイミドから選ばれるプラスチックフィルムなどから構成されるラミネート層を例示できる。ラミネート層を有することで、 AlN 層及び Al_2O_3 層と同様の効果を得ることができる。ラミネート層の厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満では、上述の効果が得られない。厚さが $50\text{ }\mu\text{m}$ 超では、生産コストが上昇する。

[0051] 上記の構造とすることで、例えばCIGSの太陽電池セルが直列に接続されたモジュール回路で、 500 V 以上の耐電圧が確保でき、絶縁破壊を回避できる。また、絶縁破壊に至らずとも、漏れ電流が存在すると太陽電池モジュールの光電変換効率低下の要因となるが、上記の構造とすることでそのような漏れを防止できる。

[0052] また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1上に形成する光電変換層としては、CIGS、CIS、CdTe等の化合物系太陽電池、アモルファスSi等の薄膜系太陽電池、それらを複数層積層させたハイブリッド型太陽電池が使用できる。また、鋼アルミニウム複合箔1上には有機EL照明回路を形成することもできる。特に、上記のCIGS、CISの主成分は特に制限されず、少なくとも1種のカルコパイライト構造の化合物半導体であることが好ましく、また、光電変換層の主成分は、Ib族元素とIIb族元素とVb族元素とを含む少なくとも1種の化合物半導体であることが好ましい。さらに、光吸収率が高く、高い光電変換効率を得られることから、上記光電変換層の主成分は、Cu及びAg等より選択された少なくとも1種のIb族元素と、Al、Ga及びIn等より選択された少なくとも1種のIIb族元素と、S、Se、及びTe等から選択された少なくとも1種のVb族元

素とを含む少なくとも1種の化合物半導体であることが好ましい。具体的には、上記化合物半導体としては、 CuAlS_2 、 CuGaS_2 、 CuInS_2 、 CuAlSe_2 、 CuGaSe_2 、 CuInSe_2 (CIS)、 AgAlS_2 、 AgGaS_2 、 AgInS_2 、 AgAlSe_2 、 AgGaSe_2 、 AgInSe_2 、 AgAlTe_2 、 AgGaTe_2 、 AgInTe_2 、 $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ (CIGS)、 $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Al}_x)\text{Se}_2$ 、 $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)(\text{S}, \text{Se})_2$ 、 $\text{Ag}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ 及び $\text{Ag}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)(\text{S}, \text{Se})_2$ 等が使用できる。

[0053] 本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1は、太陽電池の発電層や有機EL素子を形成する側である一方の箔面に、Al含有金属層5及びAl層3を有していればよい。ただ、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1は、太陽電池の発電層や有機EL素子を形成する側である一方の箔面と反対の箔面である他方の箔面にも、Al含有金属層5を有してもよい。または、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1は、太陽電池の発電層や有機EL素子を形成する側である一方の箔面と反対の箔面である他方の箔面にも、Al含有金属層5及びAl層3を有してもよい。

[0054] 図5は、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔の断面模式図であり、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1が、太陽電池の発電層や有機EL素子を形成する側である一方の箔面とその他方の箔面とに、Al含有金属層5及びAl層3を有する場合を例示している。図5に示すように、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、厚さ方向を法線とする鋼層4の2つの外面を鋼層面4a（鋼層面4aが界面6となる）としたとき、Al含有金属層5が、それぞれの鋼層面4a上に配されることが好ましい。そして、上記断面で見た場合に、厚さ方向を法線とするAl含有金属層5の2つの外面をAl含有金属層面5aとしたとき、Al層3が、それぞれのAl含有金属層面5a上に配されることが好ましい。なお、図5では、Fe-Al合金粒7（7a、7b、7c）、ボイド9、または各種の被覆層8などの図示を省略している。

[0055] 例えば、一方の箔面にのみAⅠ含有金属層5及びAⅠ層3を有する鋼アルミニウム複合箔1がロール状に巻き取られている場合、太陽電池や有機EL照明等の製造時に、ロール状に巻き取られている鋼アルミニウム複合箔1の巻き取り方向を反転させなければいけないこともある。これに対して、一方の箔面にAⅠ含有金属層5及びAⅠ層3を有し、かつ他方の箔面にもAⅠ含有金属層5及びAⅠ層3を有する鋼アルミニウム複合箔1では、太陽電池や有機EL照明等の製造時にどちらの箔面上にも太陽電池の発電層や有機EL素子を形成することができるので操作性に優れる。

[0056] 加えて、一方の箔面にのみAⅠ含有金属層5及びAⅠ層3を有する鋼アルミニウム複合箔1では、鋼層4とAⅠ含有金属層5との間の塑性変形能や機械的性質の差、鋼層4とAⅠ層3との間の塑性変形能や機械的性質の差、及びAⅠ含有金属層5とAⅠ層3との間の塑性変形能や機械的性質の差に起因して、クラッド圧延に続く冷間圧延後に、鋼アルミニウム複合箔1に反りが発生する場合がある。鋼アルミニウム複合箔1に反りが発生すると、鋼アルミニウム複合箔1上に太陽電池の発電層や有機EL素子を形成することが困難になることもある。これに対して、太陽電池の発電層や有機EL素子を形成する側である一方の箔面と反対の箔面である他方の箔面にも、AⅠ含有金属層5を有する鋼アルミニウム複合箔1では、クラッド圧延に続く冷間圧延後に、鋼アルミニウム複合箔1に反りが発生しにくいので好ましい。また、太陽電池の発電層や有機EL素子を形成する側である一方の箔面と反対の箔面である他方の箔面にも、AⅠ含有金属層5及びAⅠ層3を有する鋼アルミニウム複合箔1では、クラッド圧延に続く冷間圧延後に、鋼アルミニウム複合箔1に反りがさらに発生しにくいので好ましい。

[0057] なお、鋼板を溶融アルミニウムめっき浴に浸漬することでアルミニウムめっき鋼板を製造する場合、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見たときに、鋼層4の輪郭線の全周に渡ってAⅠ含有金属層5が形成される。この場合、AⅠ含有金属層5の2つのAⅠ含有金属層面5aのうちの一つのAⅠ含有金属層面5a上にのみAⅠ層3を積層してもよく、またはAⅠ含有金属層5

の2つのAⅠ含有金属層5 a上にAⅠ層3を積層してもよい。一方、鋼層4の輪郭線の全周に渡ってAⅠ含有金属層5が形成されたアルミニウムめっき鋼板の側縁（鋼板の板幅方向の端部でかつ、鋼板の長手方向に沿った部分）を切断する場合もある。側縁が切断されたアルミニウムめっき鋼板では、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見たときに、厚さ方向を法線とする鋼層4の2つの鋼層面4 a上にのみAⅠ含有金属層5が配される。この場合、AⅠ含有金属層5の2つのAⅠ含有金属層面5 aのうちの一つのAⅠ含有金属層面5 a上にのみAⅠ層3を積層してもよく、またはAⅠ含有金属層5の2つのAⅠ含有金属層面5 a上にAⅠ層3を積層してもよい。すなわち、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1では、AⅠ含有金属層5が、鋼層4の輪郭線の全周に渡って配されてもよく、鋼層4の2つの鋼層面4 a上にのみ配されてもよい。そして、本実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔1では、必要に応じて、AⅠ含有金属層5の2つのAⅠ含有金属層面5 aのうちの一つのAⅠ含有金属層面5 a上にのみAⅠ層3を積層してもよく、またはAⅠ含有金属層5の2つのAⅠ含有金属層面5 a上にAⅠ層3を積層してもよい。なお、カーテンコーター等でアルミニウムめっき鋼板を製造する場合、厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見たときに、厚さ方向を法線とする鋼層4の2つの鋼層面4 aのうちの一つの鋼層面4 a上にのみAⅠ含有金属層5が配される。この場合には、形成されたAⅠ含有金属層5上にAⅠ層3を積層すればよい。

[0058] 上述した、鋼層4の厚さ、AⅠ含有金属層5の厚さ、AⅠ含有金属層5の化学成分、AⅠ層3の厚さ、AⅠ層3の化学成分、AⅠ層3の表面粗さ R_a 、Fe-AⅠ合金粒7（7 a、7 b、7 c）の粒径、Fe-AⅠ合金粒7（7 a、7 b、7 c）の面積分率、Fe-AⅠ合金粒7（7 a、7 b、7 c）の構成相、及びボイド9の円相当径を測定する方法は、圧延方向と直交する板幅方向が観察面となるように厚さ方向に沿って平面切断した切断面を観察すればよい。なお、複数の切断面内の複数の観察視野から測定した各測定値を平均することが好ましい。

- [0059] 上記の切断面の金属組織を画像解析することで、平均厚さ、粒径、面積分率、表面粗さ R_a などを求めることができる。画像解析は、観察視野が板幅方向で $200\ \mu\text{m}$ 以内となる倍率で行い、板幅方向の合計視野が $3000\ \mu\text{m}$ 以上となるように、少なくとも15視野以上を解析することが好ましい。また、解析視野内で観察された各 $\text{Fe}-\text{Al}$ 合金粒7 (7a、7b、7c) の円相当径を粒径として測定し、粒径範囲を調べた。また、鋼層4から離間した $\text{Fe}-\text{Al}$ 合金粒7が Al 含有金属層5と Al 層3の両方にまたがる位置に存在する場合、 Al 含有金属層5に含まれる部分を $\text{Fe}-\text{Al}$ 合金粒7b、 Al 層3に含まれる部分を $\text{Fe}-\text{Al}$ 合金粒7cとして、それぞれ面積分率と円相当径（粒径）とを算出した。なお、上記の表面粗さ R_a は、表面粗さ測定機を用いて測定してもよい。
- [0060] また、上記の切断面の金属組織を画像解析することで、ボイド9の円相当径を求めることができる。画像解析は、観察視野が板幅方向で $200\ \mu\text{m}$ 以内となる倍率で行い、板幅方向の合計視野が $3000\ \mu\text{m}$ 以上となるように、複数視野を解析することが好ましい。
- [0061] また、上記の切断面で、EPMA（電子線マイクロ分析、Electron Probe Micro Analysis）やEDX（エネルギー分散型X線分析、Energy Dispersive X-Ray Analysis）などを用いて分析することで、化学成分、構成相などを求めることができる。なお、上記の化学成分は、グロー放電発光分析装置（一般に高周波GDSとも呼ばれる）を用いて分析してもよい。
- [0062] 上述の各種の被覆層8の厚さ及び化学成分を測定する方法は、スパッタ法により金属箔の表面から膜厚方向に掘り下げながら分析する手法や、金属箔の膜厚方向の切断面にて線分析または点分析を行う手法が有効である。スパッタ法を利用した手法では、測定深さが大きくなると測定時間が掛かり過ぎるが、切断面を線分析または点分析する手法では、断面全体での濃度分布の測定や再現性の確認等を行うのが比較的容易である。線分析または点分析で、分析の精度を向上させたい場合には、線分析にて分析間隔を狭くして分析

したり、点分析にて分析領域を拡大して分析したりすることも有効である。各種の被覆層 8 の同定は、標準試料（即ち濃度 100%）の値をあらかじめ測定しておき、上記化学成分の分析でその濃度が 50%以上となる領域を判別することで行う。これらの分析に用いる分析装置として、EPMA、EDX、GDS、AES（オージェ電子分光法、Auger Electron Spectroscopy）、TEM（透過型電子顕微鏡、Transmission Electron Microscope）等が利用できる。なお、各種の被覆層 8 の厚さが上述した数値限定を満たすかどうかの判定は、各種の被覆層 8 の平均厚さによって評価される。局所的に各種の被覆層 8 の厚さが数値限定を満たさない場合があったとしても、上記判定に考慮しない。

[0063] 次に、本発明の一実施形態に係る鋼アルミニウム複合箔の製造方法について詳細に説明する。

[0064] 本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 の製造方法は、芯材と A l 材とをクラッド圧延してクラッド材とするクラッド圧延工程と、このクラッド材を冷間圧延して鋼アルミニウム複合箔 1 を得る冷間圧延工程と、を備えている。また、クラッド圧延工程前に、芯材であるアルミニウムめっき鋼板を得るための溶融めっき工程をさらに有してもよい。また、冷間圧延工程後に、鋼アルミニウム複合箔 1 に各種の被覆層 8 を形成する成膜工程をさらに有してもよい。以下、各工程について順次説明する。

[0065] 溶融めっき工程

鋼板（鋼層）上にアルミニウムめっき層（A l 含有金属層）が配されるアルミニウムめっき鋼板（芯材）を製造する工程は特に限定されない。例えば、溶射法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、蒸着法、電気めっき法などを採用してもよい。ただ、芯材として、普通鋼である鋼板に溶融アルミニウムめっきが施されたアルミニウムめっき鋼板を用いることが好ましい。すなわち、クラッド圧延工程前に、1～15質量%の S i を含有し、残部が A l 及び不純物からなる化学成分の溶融アルミニウムめっき浴を用いて

鋼板をめっきする溶融めっき工程を行うことが好ましく、この溶融めっき工程によって、鋼板（鋼層）上にアルミニウムめっき層（A l 含有金属層）が配されるアルミニウムめっき鋼板（芯材）を得ることが好ましい。溶融アルミニウムめっき法では、アルミニウムめっき層を有するアルミニウムめっき鋼板を安価に大量生産できる。また、上記の化学成分を有する溶融アルミニウムめっき浴を用いることで、溶融アルミニウムめっき浴の融点を好ましく低下させることができ、比較的低温で溶融アルミニウムめっきを行うことができる。鋼板とアルミニウムめっき層との界面6には、鋼板のF e とアルミニウムめっき層のA l とが合金化してなるF e - A l 合金層が形成される。

[0066] 溶融めっき工程後でクラッド圧延工程前のアルミニウムめっき層の厚さは、 $1 \sim 60 \mu\text{m}$ の範囲が好ましい。また、このアルミニウムめっき層の厚さの下限は、 $5 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $10 \mu\text{m}$ が更に好ましい。このアルミニウムめっき層の厚さの上限は、 $40 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $30 \mu\text{m}$ が更に好ましい。アルミニウムめっき層の厚さを上記範囲内とすることで、冷間圧延工程後の鋼アルミニウム複合箔1のA l 含有金属層5の厚さを、上述した好ましい範囲に制御できる。

[0067] また、溶融めっき工程後でクラッド圧延工程前の鋼板の厚さは、 $50 \sim 2000 \mu\text{m}$ の範囲が好ましい。また、この鋼板の厚さの下限は、 $100 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $200 \mu\text{m}$ が更に好ましい。この鋼板の厚さの上限は、 $1500 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $1200 \mu\text{m}$ が更に好ましい。鋼板の厚さが $50 \mu\text{m}$ 未満では、冷間圧延後の鋼アルミニウム複合箔1の厚さが薄くなりすぎて強度不足となるおそれがある。また、鋼板の厚さが $2000 \mu\text{m}$ 超では、アルミニウムめっき鋼板の厚さが厚すぎて後工程に負荷がかかり、また圧延パス数が多くなってコスト増となるおそれがある。

[0068] また、溶融めっき工程では、厚さ方向を法線とする鋼板（鋼層）の2つの板面を鋼板面としたとき、アルミニウムめっき層（A l 含有金属層）が、それぞれの鋼板面上に形成されてもよい。鋼板の2つの鋼板面上にアルミニウムめっき層が形成されている場合、クラッド圧延に続く冷間圧延後に、鋼ア

ルミニウム複合箔 1 に反りが発生しにくく、そのため後工程でのハンドリングが容易となり好ましい。なお、溶融アルミニウムめっきに供する鋼板は、最終的に鋼アルミニウム複合箔 1 の鋼層 4 となり、溶融アルミニウムめっきによって形成されるアルミニウムめっき層は、最終的に鋼アルミニウム複合箔 1 の A l 含有金属層 5 となる。

[0069] クラッド圧延工程

クラッド圧延工程では、Fe-A l 合金層を含むアルミニウムめっき層（A l 含有金属層）が鋼板（鋼層）上に形成されてなる芯材（アルミニウムめっき鋼板）と A l 材とを重ね合わせた状態でクラッド圧延してクラッド材を得る。クラッド圧延工程では、アルミニウムめっき層（A l 含有金属層）上に A l 材が接合されればよく、クラッド圧延の圧延条件は特に限定されない。クラッド圧延の温度は室温から 500℃の間であればよい。例えば、加熱温度 400℃及び圧下率 9%の条件でクラッド圧延を行ってもよく、または温度 20℃（室温）及び圧下率 15%の条件でクラッド圧延を行ってもよい。また、圧下率は 15%よりも大きくても良い。

[0070] また、クラッド圧延工程に供する A l 材は、99.0質量%以上の A l 及び不純物からなる A l 板が好ましく、99.9%質量以上の A l 及び不純物からなる A l 板がより好ましい。このような A l 材では共晶組織が生成することがないので、冷間圧延後の鋼アルミニウム複合箔 1 の A l 層 3 の表面 3a の表面平滑性を好ましく高めることができる。

[0071] クラッド圧延工程に供する A l 材の厚さは、1~1500 μm の範囲が好ましい。また、この A l 材の厚さの下限は、10 μm がより好ましく、40 μm が更に好ましい。この A l 材の厚さの上限は、1000 μm がより好ましく、500 μm が更に好ましい。A l 材の厚さが 1 μm 未満では、薄すぎてクラッド圧延の際の取り扱いが困難となるおそれがある。また、A l 材の厚さが 1500 μm 超では、基材として適した厚さまで圧延する圧延パス数が多くなってコスト増となるおそれがある。

[0072] また、クラッド圧延工程では、厚さ方向を法線とするアルミニウムめっき

層（ＡＩ含有金属層）の２つの板面（芯材の２つの板面）をめっき面としたとき、ＡＩ材が、それぞれのめっき面上にクラッド圧延により接合されてもよい。アルミニウムめっき層（ＡＩ含有金属層）の２つのめっき面上にＡＩ層が形成されている場合、クラッド圧延に続く冷間圧延後に、鋼アルミニウム複合箔１に反りが発生しにくく、そのため後工程でのハンドリングが容易となり好ましい。なお、クラッド圧延に供するＡＩ材は、最終的に鋼アルミニウム複合箔１のＡＩ層３となる。

[0073] 冷間圧延工程

冷間圧延工程では、クラッド圧延工程で得られたクラッド材を冷間圧延することにより、ＡＩ含有金属層（アルミニウムめっき層）中のＦｅ－ＡＩ合金層の一部を、鋼層（鋼板）から離間させてＡＩ含有金属層中に分散したＦｅ－ＡＩ合金粒に制御して、鋼アルミニウム複合箔１を得る。

[0074] 冷間圧延は、タンデム冷間圧延設備またはリバース圧延設備のいずれかを用いて、複数回の圧延パスを行うことにより実施する。特に、圧延パスごとに圧下率及び通板速度を調整可能なリバース圧延設備を用いて冷間圧延を行うことが好ましい。圧延パスごとに圧下率及び通板速度を調整しつつ冷間圧延を行うことで、Ｆｅ－ＡＩ合金粒の一部をＡＩ含有金属層中に好ましく分散させることができる。また、ＡＩ層の表面粗さＲ_aを好ましく低減できる。

[0075] 冷間圧延の通板速度は、３０～４００ｍ／分の範囲で圧延パスごとに設定することが好ましい。通板速度は、クラッド材の塑性変形に用いられるエネルギーに相当し、一定以上のエネルギーを加えることで、Ｆｅ－ＡＩ合金粒の一部をＡＩ含有金属層中に分散させることができる。特に、通板速度を３０ｍ／分以上とすることで、一定以上のエネルギーをクラッド材に加えることができ、ＡＩ含有金属層がＦｅ－ＡＩ合金粒と鋼層との密着を破り、Ｆｅ－ＡＩ合金粒を包み込むようにＡＩ含有金属層が塑性変形し、結果としてＦｅ－ＡＩ合金粒がＡＩ含有金属層中および／またはＡＩ層中に分散する。クラッド材に与えるエネルギーが小さいと、Ｆｅ－ＡＩ合金粒は鋼層とＡＩ含

有金属層との界面に留まったままとなるおそれがあり、また、A l 含有金属層がF e - A l 合金粒を包み込むように塑性変形できずに粗大なボイドが形成されるおそれがある。また、通板速度が4 0 0 m / 分以下であれば、板破断を起こすおそれがない。より好ましい冷間圧延の通板速度は、3 0 ~ 3 0 0 m / 分である。

[0076] なお、冷間圧延の通板速度は、すべての圧延パスの通板速度を同じにしてもよく、圧延パスごとに変更してもよい。さらに、通板速度による合金粒の分散効果は、より早い段階での圧延パスの影響が大きく、圧延パスを経るにつれて分散効果が得にくくなる。したがって、通板速度を圧延パスごとに速くすることで、合金粒の分散をより好ましい範囲に制御しつつ生産効率を向上できる。一方で、通板速度を圧延パスごとに遅くすることで、合金粒の分散をより好ましい範囲に制御しつつ箔形状を容易に制御することができる。

[0077] 冷間圧延の各圧延パスの圧下率は、第1 圧延パス及び第2 圧延パスの各圧下率を1 5 ~ 4 0 % の範囲とすることが好ましい。また、第2 圧延パス以降の圧延パスにおける圧下率は、直前の圧延パスの圧下率以下にすることが好ましい。このように各圧延パスの圧下率を制御することにより、各圧延パスでA l 含有金属層に対する十分な塑性変形量を与えることができ、F e - A l 合金粒の分散を好ましく生じさせることができる。具体的には、圧延パスの圧下率が上記の範囲であれば、A l 含有金属層に対する塑性変形量が十分になって、F e - A l 合金層がF e - A l 合金粒に分断されるとともに、A l 含有金属層の一部がF e - A l 合金粒と鋼層（地鉄）との界面に侵入し、結果的にF e - A l 合金粒がA l 含有金属層中および／またはA l 層中に分散する。特に、後半の圧延パスでは加工硬化により大きな圧下率が得られなくなるため、第1 圧延パスで高圧下することが好ましい。

[0078] 第1 圧延パス及び第2 圧延パスにおけるそれぞれの圧下率が1 5 % 以上であれば、A l 含有金属層の塑性変形量が大きくなり、F e - A l 合金層を分断させてF e - A l 合金粒を得ることのみならず、F e - A l 合金粒をA l 含有金属層中および／またはA l 層中に分散させることができるので好まし

い。また、第1圧延パス及び第2圧延パスにおけるそれぞれの圧下率が30%以下であれば、鋼アルミニウム複合箔1の形状制御が容易になるため好ましい。

[0079] なお、Fe-AI合金粒のAI含有金属層および／またはAI層への分散は、冷間圧延工程でクラッド材に与えるエネルギー量とAI含有金属層の塑性変形量とが所定以上の時に好ましく達成される。従って、通板速度と圧下率との両方を本実施形態の上記範囲内に制御することが好ましい。いずれか一方を制御するだけでは、Fe-AI合金粒の分散が起こらないおそれがある。

[0080] なお、AI層3の表面粗さの制御は、最終パスに使用するワークロールとして、ロール粗度（表面粗さRa）10nm以下の鏡面ロールを用いるとともに、AI層3のAI純度を99.0質量%以上の範囲で制御すればよい。上記の条件を満足するとき、冷間圧延後の鋼アルミニウム複合箔1のAI層3の表面3aの表面粗さRaを、10～25nmの範囲に好ましく制御することができる。

[0081] また、クラッド圧延工程前のアルミニウムめっき層（AI含有金属層）の厚さとAI材の厚さとが合計で20μm以上であり、かつクラッド圧延工程と冷間圧延工程とでの合計圧下率が65%以上であることが好ましい。上記の条件を満足するとき、冷間圧延後の鋼アルミニウム複合箔1が含まれるボイド9を、円相当径で1μm未満に好ましく制御することができる。

[0082] クラッド圧延工程及び冷間圧延工程でのアルミニウムめっき層（AI含有金属層）及びAI材（AI層）の塑性変形には、圧延方向に引き延ばされる変形と、ボイドを埋めるような変形との2種が含まれる。クラッド圧延工程前の芯材のアルミニウムめっき層（AI含有金属層）とAI材（AI層）との合計での厚さが上記条件を満足するとき、圧延方向に引き延ばされる変形だけでなく、ボイドを埋めるような変形も好ましく生じる。一方、上記の厚さが上記条件を満足しないとき、アルミニウムめっき層（AI含有金属層）とAI材（AI層）との合計の体積が不足するために圧延方向に引き延ばさ

れる変形しか生じず、その結果、ボイドが残存するおそれがある。また、クラッド圧延工程と冷間圧延工程とでの合計圧下率が上記条件を満足するとき、ボイドを埋めるような変形が好ましく生じる。

[0083] クラッド圧延工程と冷間圧延工程との合計圧下率は、「クラッド圧延前の鋼板（鋼層）、アルミニウムめっき層（A l 含有金属層）、及びA l 材（A l 層）の合計の厚さ（クラッド圧延前の素材の合計厚さ）」に対する、「クラッド圧延前の素材の合計厚さから、冷間圧延後の鋼アルミニウム複合箔の厚さにするまでに減少させた厚さ」の割合として定義する。すなわち、（クラッド圧延工程と冷間圧延工程との合計圧下率）＝ $\left[\left(\text{クラッド圧延前の鋼層、A l 含有金属層、及びA l 層の合計の厚さ} \right) - \left(\text{冷間圧延後の鋼アルミニウム複合箔の厚さ} \right) \right] \div \left(\text{クラッド圧延前の鋼層、A l 含有金属層、及びA l 層の合計の厚さ} \right) \times 100$ 、である。

[0084] 成膜工程

クラッド圧延工程及び冷間圧延工程によって、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1が製造される。成膜工程として、必要に応じて、冷間圧延工程後の鋼アルミニウム複合箔1のA l 層3の表面3 aに各種の被覆層8を形成してもよい。

[0085] 鋼アルミニウム複合箔1のA l 層3の表面3 aに、被覆層8としてA l N層を形成するには、加熱処理を行うことが好ましい。加熱処理は例えば、鋼アルミニウム複合箔1を、アンモニアまたはヒドラジンを用いた10体積%±2体積%含有する不活性ガス（アルゴン、窒素、窒素と水素の混合ガス等）中に、500～600℃の温度範囲で1～10時間の加熱を行えばよい。

[0086] 鋼アルミニウム複合箔1のA l 層3の表面3 aに、A l₂O₃層を形成するには、A l 層3の表面3 aを陽極酸化処理することが好ましい。

[0087] 鋼アルミニウム複合箔1のA l 層3の表面3 aに、ゾルゲル層を形成するには、ゾルゲル層の成膜処理を行うことが好ましい。例えば、最終的な焼き付け工程で得られる被膜中の水素濃度[H]（mol/l）とシリコン濃度[Si]（mol/l）との比が、 $0.1 \leq [H] / [Si] \leq 10$ となる

ようなゾルを調製する。次いで、調製したゾルをA I層3の表面3 aに塗布して乾燥させる。最後に乾燥した後に焼付けを行うことによって、無機有機ハイブリッド膜被覆を備えた鋼アルミニウム複合箔1を製造できる。

[0088] 鋼アルミニウム複合箔1のA I層3の表面3 aに、ラミネート層を形成するには、ラミネート層の成膜処理を行うことが好ましい。例えば、ポリオレフィン、ポリエステル、ポリアミド、ポリイミドなどから選ばれるプラスチックフィルムを、ナイロン系接着剤を介して、A I層3の表面3 aに積層した後に加熱し、1 MP a程度の圧力で熱圧着する。このような熱ラミネート法によって、ラミネート層を備える鋼アルミニウム複合箔1を製造できる。尚、ポリイミドから選ばれるプラスチックフィルムの代わりに、ポリイミドから成る耐熱樹脂を使うこともできる。

[0089] 以上説明したように、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1によれば、鋼層4とA I層3との間に位置するA I含有金属層5中に、鋼層4から離間して分散されたFe-A I合金粒7 bが含まれているため、A I含有金属層5の熱膨張係数が、鋼層4の熱膨張係数とA I層3の熱膨張係数との中間程度になるものと推測される。これにより、鋼アルミニウム複合箔1が400℃以上に加熱された後に室温近くまで冷却される熱履歴を受けたとしても、A I含有金属層5などの剥離や割れが生じにくい。

[0090] また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1では、鋼層4がA I含有金属層5及びA I層3に被覆されているので、耐食性に優れる。また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1では、A I含有金属層5上にA I層3が配されるので、表面平滑性に優れる。また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1では、Fe-A I合金層が分断してFe-A I合金粒7として分散するので、弾塑性変形性に優れる。

[0091] すなわち、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1は、太陽電池や有機EL照明の基材用金属箔として要求される耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性を同時に満足するするとともに、高温に加熱して冷却した場合にもA I含有金属層5などの剥離や割れが好ましく抑制される。従って、本実施形態の

鋼アルミニウム複合箔 1 は、太陽電池や有機 E L 照明の基材用金属箔として好適に用いることができる。

[0092] 加えて、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 の A l 層 3 中に鋼層 4 から離間して分散された F e - A l 合金粒 7 c が含まれるとき、鋼アルミニウム複合箔 1 が 4 0 0 ° C 以上に加熱された後に室温近くまで冷却される熱履歴を受けたとしても、A l 層 3 と A l 含有金属層 5 との剥離、A l 含有金属層 5 と鋼層 4 との剥離、A l 層 3 の割れ、及び A l 含有金属層 5 の割れがさらに好ましく防止される。

[0093] また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 の A l 層 3 が 9 9 . 0 質量% 以上の A l を含有するとき、A l 層 3 中に共晶組織が生成しない。このため、共晶組織に由来する微小な凹凸が A l 層 3 の表面 3 a に現れず、鋼アルミニウム複合箔 1 の表面平滑性をより高めることができる。

[0094] また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 に含まれるボイド 9 が円相当径で 1 μ m 未満であるとき、鋼層 4 と A l 含有金属層 5 との剥離、A l 含有金属層 5 と A l 層 3 との剥離、A l 含有金属層 5 の割れ、または A l 層 3 の割れがさらに好ましく防止される。

[0095] 本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 の製造方法によれば、芯材と A l 材とをクラッド圧延してクラッド材とし、このクラッド材を冷間圧延して、A l 含有金属層 5 中の F e - A l 合金層の一部を、鋼層から離間させ A l 含有金属層 5 中および／または A l 層 3 中に分散した F e - A l 合金粒 7 b 及び 7 c とする。そのため、A l 含有金属層 5 の熱膨張係数を、鋼層 4 の熱膨張係数と A l 層 3 の熱膨張係数との中間程度にできると推測される。

[0096] また、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔 1 の製造方法では、クラッド圧延及び冷間圧延によって、鋼層と A l 含有金属層との界面に存在する A l - F e 合金層を分断し、冷間圧延によって、A l 含有金属層中および／または A l 層 3 中に F e - A l 合金粒 7 b 及び 7 c を分散させる。そのため、従来ではアルミニウムめっき層が剥離したり割れたりする原因であった A l - F e 合金層を、有用な組織形態に変化させることができる。

[0097] すなわち、本実施形態の鋼アルミニウム複合箔1の製造方法は、太陽電池や有機EL照明の基材用金属箔として要求される耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性を同時に満足するとともに、高温に加熱して冷却した場合にもAl含有金属層などの剥離や割れが生じにくい基材用金属箔を製造できる。

実施例 1

[0098] 実施例により本発明の一態様の効果を更に具体的に説明するが、実施例での条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限り、種々の条件を採用し得る。

[0099] (実験例1)

鋼板として、厚さ0.05~2mmのSPCC (Steel Plate Cold Commercial) を用意した。この鋼板の片面または両面に対して、表1~表9に示す溶融アルミニウムめっき浴を用いて溶融アルミニウムめっきを施し、アルミニウムめっき鋼板とした。得られたアルミニウムめっき層と鋼板との界面には、表1~表9に示す化学成分及び平均厚さを有するFe-Al合金層が形成されていた。なお、溶融アルミニウムめっき浴の化学成分は、表1~表9に示すSi以外の残部はAl及び不純物であった。なお、本実施例では、表中に示す「-」は、未使用、未実施、または該当なしを表す。

[0100] 次に、アルミニウムめっき鋼板を芯材とし、この芯材の片面または両面に対して、表1~表9に示すAl材を皮材として用いて、表10~表18に示す温度及び圧下率でクラッド圧延を行うことにより、クラッド材を製造した。更に得られたクラッド材を冷間圧延することにより、実施例1~222の鋼アルミニウム複合箔を製造した。また、比較例1~6の金属箔も製造した。表10~表18に冷間圧延条件を示す。なお、冷間圧延はリバース圧延機で行い、必要に応じて、仕上げパスの圧延をロール粗度(表面粗さRa)を10nm以下に加工した鏡面ロールを用いて実施した。

[0101] 実施例1~222の鋼アルミニウム複合箔及び比較例1~6の金属箔につ

いて、圧延方向と直交する板幅方向が観察面となるように厚さ方向に沿って平面切断した切断面を観察した。そして、鋼アルミニウム複合箔の平均厚さ、鋼層の平均厚さ、A l 含有金属層の平均厚さ、A l 含有金属層の化学成分、A l 含有金属層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の粒径範囲、A l 含有金属層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の全 F e - A l 合金粒に対する面積分率、A l 層の平均厚さ、A l 層の表面粗さ R a、A l 層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の粒径範囲、A l 層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の全 F e - A l 合金粒に対する面積分率、ボイドの円相当径を測定した。

[0102] 鋼層、A l 含有金属層、及び A l 層の平均厚さは、任意に選択した 20 箇所の厚さを測定してその平均値とした。また、A l 含有金属層及び A l 層の化学成分は、グロー放電発光分析装置（一般に高周波 G D S と呼ばれる）を用いて、元素分析を行うことにより求めた。なお、A l 含有金属層の化学成分は、表 19～表 27 に示す S i 以外の残部は A l 及び不純物であった。そして、A l 層の化学成分は、表 19～表 27 に示す A l 以外の残部は不純物であった。また、A l 含有金属層及び A l 層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の金属間化合物は、表 1～表 9 に示す F e - A l 合金層の金属間化合物と対応していた。

[0103] F e - A l 合金粒の粒径範囲及び面積分率、ボイドの円相当径は、画像解析から求めた。画像解析は、観察視野が板幅方向で 200 μ m 以内となる倍率で行い、板幅方向の合計視野が 3000 μ m 以上となるように、少なくとも 15 視野以上を観察した。15 視野以上の観察結果から、A l 含有金属層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒、及び A l 層中に含まれる、鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の粒径範囲を求めた。また、15 視野以上の観察結果から、A l 含有金属層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l 合金粒の全 F e - A l 合金粒に対する面積分率、及び A l 層中に含まれる鋼層から離間して分散された F e - A l

合金粒の全 Fe-AI 合金粒に対する面積分率を求めた。

[0104] また、ボイドは、上記断面を SEM (Scanning Electron Microscope) で観察し、金属組織を画像解析することで評価した。板幅方向の合計視野が $3000\mu\text{m}$ 以上となるように、複数視野で観察した。このすべての観察視野内で、円相当直径が $1\mu\text{m}$ 超であるボイドが 1 つも視認されなければ「無し」と判断し、円相当直径が $1\mu\text{m}$ 超であるボイドが 1 つでも視認されれば「有り」と判断した。

[0105] 表面平滑性の評価

鋼アルミニウム複合箔の AI 層の表面粗さ Ra が、 600nm 以下であるとき表面平滑性が許容できると判断し、 25nm 以下であるとき表面平滑性に特に優れると判断した。これらの結果を表 19～表 27 に示す。

[0106] 更に、実施例 1～222 の鋼アルミニウム複合箔について、耐食試験、 180° 度密着曲げ試験、CIGS 成膜後の欠陥数試験、CIGS の変換効率試験、及び温度サイクル試験を行った。比較例 1～6 の金属箔についても、必要に応じて、上記の各試験を行った。表 28～表 36 に、耐食試験、 180° 度曲げ試験、CIGS 成膜後の欠陥数試験、CIGS の変換効率試験、及び温度サイクル試験の結果を記す。なお、片方の箔面にのみ AI 層が形成されている鋼アルミニウム複合箔については、AI 層が形成されている箔面を評価の対象とした。また、両方の箔面に AI 層が形成されている鋼アルミニウム複合箔については、任意の一方の箔面を評価の対象とした。

[0107] 耐食性の評価

耐食試験は、塩水噴霧試験 (SST) によって評価した。 35°C に保持された $5\%\text{NaCl}$ 水を鋼アルミニウム複合箔の AI 層の表面に噴霧し、 400 時間以上目視で腐食を確認できない場合を VG (Very Good)、 300 時間以上を G (Good)、 120 時間以上を A (Acceptable)、 100 時間以上を NG (Not Good)、 100 時間未満を B (Bad) とした。そして、VG、G、A を合格とし、NG、B を不合格とした。

[0108] 弾塑性変形性の評価

180度密着曲げ試験は、鋼アルミニウム複合箔に、内側半径がゼロで、曲げ角度が180°となる180度密着曲げ加工を繰り返すことで実施した。そして、鋼アルミニウム複合箔のA1層またはA1含有金属層の剥離または亀裂が生じる加工回数を調査した。鋼アルミニウム複合箔のA1層またはA1含有金属層の剥離または亀裂の観察は、180度密着曲げ加工の1サイクル毎に、鋼アルミニウム複合箔の曲げ外周部を光学顕微鏡で観察することで行った。鋼アルミニウム複合箔のA1層またはA1含有金属層の剥離または亀裂が、光学顕微鏡で観察された時点の加工回数を破壊回数とした。破壊回数が2回以上であるとき弾塑性変形性が許容できると判断し、破壊回数が3回以上であるとき弾塑性変形性が特に良好であると判断した。

[0109] 高温に加熱して冷却した後の剥離や割れの評価

CIGS成膜後の欠陥数試験は、鋼アルミニウム複合箔上にMo電極及びCIGS光発電層を成膜することで実施した。なお、Mo電極及びCIGS光発電層を形成する際に、鋼アルミニウム複合箔は、最高で400℃以上に加熱され、室温まで冷却された。そして、圧延方向と直交する板幅方向が観察面となるように厚さ方向に沿って平面切断した切断面を観察することで、成膜プロセスで加わる熱によって生じる欠陥の有無を調べた。観察視野が板幅方向で200μm以内となる倍率で、1サンプルあたり10視野以上の観察を10サンプルで実施した。鋼層とA1含有金属層との剥離、A1含有金属層の割れ、A1含有金属層とA1層との剥離、及びA1層の割れの発生しているサンプルの合計数を、CIGS成膜後の欠陥数と定義した。CIGS成膜後の欠陥数が5サンプル以下であるとき許容できると判断し、CIGS成膜後の欠陥数が2サンプル以下であるとき特に良好であると判断した。

[0110] CIGS光電変換効率の評価

鋼アルミニウム複合箔上にMo電極及びCIGS光発電層を成膜してサブモジュールを作製し、CIGS光電変換効率を調べた。CIGS光電変換率は、7%未満をNG (Not Good)、7%以上8%未満をA (Acc

e p t a b l e)、8%以上10%未満をG (G o o d)、10以上12%未満をVG (V e r y G o o d)、12%以上をGG (G r e a t l y G o o d)として評価した。そして、A、G、VG、GGを合格とし、NGを不合格とした。

[0111] 温度サイクル試験

鋼アルミニウム複合箔上にMo電極及びCIGS光発電層を成膜してサブモジュールを作製し、温度サイクル試験を行うことで温度変化に対する信頼性を評価した。温度サイクル試験は、試験材である上記サブモジュールに対して、-40℃で15分保持した後85℃で15分保持する1サイクルの雰囲気変化を、200サイクル実施した。そして、200サイクル試験の前後でサブモジュールの発電効率を測定し、発電効率の低下を調べた。200サイクル試験前と試験後とで、サブモジュールの発電効率の低下が5%以内の場合をG (G o o d)、5%超の低下の場合をNG (N o t G o o d)と判断した。そして、NGを不合格とした。これらの結果を表28～表36に示す。

[0112] (実験例2)

実験例2では、実験例1で作製した鋼アルミニウム複合箔のA1層上に、AlN層、Al₂O₃層、ゾルゲル層、またはラミネート層を形成させ、更にこれらの上にMo電極及びCIGS光発電層を成膜してサブモジュールを作製した。Mo電極及びCIGS光発電層を形成する際に、鋼アルミニウム複合箔は、最高で400℃以上に加熱され、室温まで冷却された。これら実施例223～240について、耐電圧、表面粗さRa、及びCIGS光電変換効率を調べた。耐電圧が500V以上であるとき、耐電圧性に優れると判断した。表面粗さRaが25nm以下であるとき、表面平滑性に特に優れると判断した。また、CIGS光電変換効率は、7%未満をNG (N o t G o o d)、7%以上8%未満をA (A c c e p t a b l e)、8%以上10%未満をG (G o o d)、10以上12%未満をVG (V e r y G o o d)、12%以上をGG (G r e a t l y G o o d)として評価した。そして、

NGを不合格とした。これらの結果を表37に示す。

[0113] なお、AIN層は、アンモニア含有する不活性ガスを用いた加熱処理により作製した。Al₂O₃層は硫酸溶液中で直流電流による陽極酸化を行うことで作製した。

[0114] また、ゾルゲル層の形成では、ゾル調製の出発原料として10モルのメチルトリエトキシシランと10モルのテトラエトキシシランの混合物を用い、この混合物に20モルのエタノールを加えて良く攪拌した。その後、攪拌しながら、2モルの酢酸と100モルの水とを混合した酢酸水溶液を滴下し加水分解を行った。この様にして得たゾルに100モルのエタノールを加えて最終的なゾルを得た。ディップコーティング法によって鋼アルミニウム複合箔の表面にこのゾルを塗布した後、空气中で100℃、1分間の乾燥を行った。その後、窒素雰囲気中で昇温速度10℃/分として室温から400℃まで昇温し、400℃で30分間焼き付けてゾルゲル層を得た。

[0115] また、ラミネート層の形成では、ナイロン系接着剤をクレゾールとキシレンの質量比70:30の混合溶剤に15質量%の濃度で溶解し、その溶解物を樹脂に塗布した後、その樹脂を300℃に加熱された鋼アルミニウム複合箔に1MPaの圧力で熱圧着することで熱ラミネートした。

[0116] 表1～表37に示すように、実施例1～240は、耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性に優れ、かつ高温に加熱して冷却した場合でもAl含有金属層やAl層の剥離や割れが抑制されていた。

[0117] 一方、比較例1～6は、耐食性、表面平滑性、または弾塑性変形性のいずれかが不十分となっており、または高温に加熱して冷却した場合にAl含有金属層やAl層の剥離や割れが発生した。

[0118]

[表1]

表1

実施例 または 比較例	使用材料												
	芯材												
	鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分 Si (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)	アルミニウムめっき層(Al含有金属層)					皮材(Al材)		Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)		
				Fe-Al合金層			化学成分	化学成分	Al (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)			
				Fe-Al合金層									
Fe (モル%)				Al (モル%)	Si (モル%)								
代表的な 金属間化合物													
実施例1	2000	10	60	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	8	99.5	1500	1560		
実施例2	700	10	50	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	385	435		
実施例3	500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	100	120		
実施例4	200	10	1	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	0.3	99.5	10	11		
実施例5	100	10	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	1	99.5	6	16		
実施例6	50	10	5	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	0.5	99.5	9	14		
実施例7	320	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	160	190		
実施例8	250	15	40	15	70	15	FeAl ₃ Si	3	99.5	130	170		
実施例9	1200	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	1	99.5	300	325		
実施例10	1500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	1000	1020		
実施例11	1500	10	35	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	4	99.5	500	535		
実施例12	50	10	12	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	0.5	99.5	12	24		
実施例13	2000	10	60	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	8	99.5	1500	1560		
実施例14	700	10	50	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	385	435		
実施例15	500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	100	120		
実施例16	200	10	1	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	0.3	99.5	10	11		
実施例17	100	10	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	1	99.5	6	16		
実施例18	50	10	5	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	0.5	99.5	9	14		
実施例19	320	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	160	190		
実施例20	250	15	40	15	70	15	FeAl ₃ Si	3	99.5	130	170		
実施例21	1200	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	1	99.5	300	325		
実施例22	1500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	5	99.5	1000	1020		
実施例23	1500	10	35	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	4	99.5	500	535		
実施例24	50	10	12	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	0.5	99.5	12	24		
実施例25	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65		
実施例26	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65		

[0119]

[表2]

表2

使用材料	実施例 または 比較例	芯材	Al含有金属層 (μm)	皮材 (Al材)	Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)				
鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分 Si (wt%)	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)	(圧延前) 厚さ (μm)	化学成分	(圧延前) 厚さ (μm)				
		Fe-Al合金層		Al (wt%)					
		化学成分	代表的な 金属間化合物						
		Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)					
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₈ Si	3	99.5	40	65
350	10	18	72						

[0120]

[表3]

表3

実施例 または 比較例	使用材料	鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分 Si (wt%)	芯材	(圧延前) 厚さ (μm)	化学成分 Si (wt%)	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)	(圧延前) 厚さ (μm)	皮材 (Al材)	(圧延前) 厚さ (μm)	Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)		
				Fe-Al合金層									
				化学成分	代表的な 金属間化合物	(圧延前) 厚さ (μm)	化学成分	Al (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)				
				Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)							
				Fe	Al	Si	化学成分						
実施例53	50	10	12	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		0.5	99.5	12	24	
実施例54	450	1	30	24	75	1	FeAl_3		4	99.5	300	330	
実施例55	200	1	20	24	75	1	FeAl_3		3	99.5	50	70	
実施例56	450	1	30	24	75	1	FeAl_3		4	99.5	300	330	
実施例57	330	1	40	24	75	1	FeAl_3		5	99.5	85	125	
実施例58	200	1	20	24	75	1	FeAl_3		3	99.5	40	60	
実施例59	450	1	30	24	75	1	FeAl_3		4	99.5	300	330	
実施例60	200	1	20	24	75	1	FeAl_3		3	99.5	40	60	
実施例61	150	1	10	24	75	1	FeAl_3		2	99.5	50	60	
実施例62	500	1	40	24	75	1	FeAl_3		5	99.5	80	120	
実施例63	450	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		4	99.5	300	330	
実施例64	200	5	20	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		3	99.5	40	60	
実施例65	450	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		4	99.5	300	330	
実施例66	330	5	40	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		5	99.5	85	125	
実施例67	200	5	20	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		3	99.5	40	60	
実施例68	450	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		4	99.5	300	330	
実施例69	200	5	20	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		3	99.5	40	60	
実施例70	150	5	10	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		1.5	99.5	50	60	
実施例71	500	5	40	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$		5	99.5	80	120	
実施例72	450	15	30	15	70	15	FeAl_3Si		3	99.5	300	330	
実施例73	200	15	20	15	70	15	FeAl_3Si		2	99.5	40	60	
実施例74	450	15	30	15	70	15	FeAl_3Si		3	99.5	300	330	
実施例75	330	15	40	15	70	15	FeAl_3Si		4	99.5	85	125	
実施例76	200	15	20	15	70	15	FeAl_3Si		2	99.5	40	60	
実施例77	450	15	30	15	70	15	FeAl_3Si		3	99.5	300	330	
実施例78	200	15	20	15	70	15	FeAl_3Si		2	99.5	40	60	

[0121]

[表4]

表 4

実施例 または 比較例	使用材料																										
	芯材										皮材 (Al材)																
	(圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)				Fe-Al合金層				化学成分		(圧延前) 厚さ (μm)		Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)												
			(圧延前) 厚さ (μm)	化学成分			代表的な 金属間化合物			Al (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)																
				Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)																					
実施例79	150	15	10	15	70	15	FeAl ₅ Si			99.5	1.5	50	60														
実施例80	500	15	40	15	70	15	FeAl ₅ Si			99.5	4	80	120														
実施例81	450	10	30	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.9	3	300	330														
実施例82	200	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.9	3	40	60														
実施例83	450	15	30	15	70	15	FeAl ₅ Si			99.9	3	300	330														
実施例84	330	15	40	15	70	15	FeAl ₅ Si			99.9	3	85	125														
実施例85	200	15	20	15	70	15	FeAl ₅ Si			99.9	3	40	60														
実施例86	450	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₆ Si			99.9	3	300	330														
実施例87	200	5	20	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₆ Si			99.9	3	40	60														
実施例88	450	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₆ Si			99	3	300	330														
実施例89	200	5	20	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₆ Si			99	3	40	60														
実施例90	450	10	30	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99	3	300	330														
実施例91	330	10	40	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99	3	85	125														
実施例92	200	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99	3	40	60														
実施例93	450	15	30	15	70	15	FeAl ₅ Si			99	3	300	330														
実施例94	200	15	20	15	70	15	FeAl ₅ Si			99	3	40	60														
実施例95	2000	10	60	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	8	1500	1560														
実施例96	700	10	50	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	5	385	435														
実施例97	500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	5	100	120														
実施例98	200	10	1	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	0.2	10	11														
実施例99	100	10	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	1	6	16														
実施例100	50	10	5	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	0.5	9	14														
実施例101	320	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	5	160	190														
実施例102	250	15	40	15	70	15	FeAl ₅ Si			99.5	3	130	170														
実施例103	1200	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	1	300	325														
実施例104	1500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₆ Si			99.5	5	1000	1020														

[0122]

[表5]

表5

使用材料

実施例 または 比較例	芯材											皮材 (Al材)		Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)
	鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分 Si (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)						化学成分		(圧延前) 厚さ (μm)		
				Fe-Al合金層						Al (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)			
				化学成分			代表的な 金属間化合物							
				Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)								
実施例105	1500	10	35	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			4	99.5	500	535	
実施例106	50	10	12	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			0.5	99.5	12	24	
実施例107	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例108	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例109	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例110	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例111	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例112	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例113	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例114	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例115	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	98	40	65	
実施例116	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	98	40	65	
実施例117	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	98	40	65	
実施例118	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	98	40	65	
実施例119	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.9	40	65	
実施例120	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.9	40	65	
実施例121	290	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			2	99.5	10	35	
実施例122	320	10	1	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			0.5	99.5	25	26	
実施例123	320	15	1	15	70	15	FeAl ₆ Si			0.5	99.5	10	11	
実施例124	320	10	1	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			0.5	98	10	11	
比較例1	350	1	25	24	75	1	FeAl ₃			6	—	—	25	
比較例2	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	—	—	25	
比較例3	350	15	25	15	70	15	FeAl ₆ Si			2	—	—	25	
実施例124	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例125	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	
実施例126	350	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si			3	99.5	40	65	

[0123]

[表6]

表6

実施例 または 比較例	使用材料												
	芯材										皮材 (Al材)		Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)
	鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分 Si (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)					化学成分		(圧延前) 厚さ (μm)		
				Fe-Al合金層			代表的な 金属間化合物	(圧延前) 厚さ (μm)	Al (wt%)				
				化学成分									
				Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)							
実施例127	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例128	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例129	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例130	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例131	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例132	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例133	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例134	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例135	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例136	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例137	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例138	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例139	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例140	350	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	3	99.5	40	65		
実施例141	2000	10	60	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	8	99.5	1500	1560		
実施例142	700	10	50	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	5	99.5	385	435		
実施例143	500	10	20	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	5	99.5	100	120		
実施例144	200	10	1	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	0.2	99.5	10	11		
実施例145	100	10	10	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	1	99.5	6	16		
実施例146	50	10	5	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	0.5	99.5	9	14		
実施例147	320	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	5	99.5	160	190		
実施例148	250	15	40	15	70	15	FeAl_5Si	3	99.5	130	170		
実施例149	1200	10	25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	1	99.5	300	325		
実施例150	1500	10	20	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	5	99.5	1000	1020		
実施例151	1500	10	35	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	4	99.5	500	535		
実施例152	50	10	12	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}$	0.5	99.5	12	24		

[0124]

[表7]

表7

実施例 または 比較例	使用材料														
	芯材										皮材 (Al材)		Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)		
	鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴 化学成分 Si (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)					化学成分	(圧延前) 厚さ (μm)					
				Fe-Al合金層											
				化学成分			代表的な 金属間化合物	(圧延前) 厚さ (μm)							
Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)													
実施例153	450	1	30	24	75	1			FeAl_3	4	99.5	300	330		
実施例154	200	1	20	24	75	1	FeAl_3	3	99.5	50	70				
実施例155	450	1	30	24	75	1	FeAl_3	4	99.5	300	330				
実施例156	330	1	40	24	75	1	FeAl_3	5	99.5	85	125				
実施例157	200	1	20	24	75	1	FeAl_3	3	99.5	40	60				
実施例158	450	1	30	24	75	1	FeAl_3	4	99.5	300	330				
実施例159	200	1	20	24	75	1	FeAl_3	3	99.5	40	60				
実施例160	150	1	10	24	75	1	FeAl_3	2	99.5	50	60				
実施例161	500	1	40	24	75	1	FeAl_3	5	99.5	80	120				
実施例162	450	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	4	99.5	300	330				
実施例163	200	5	20	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	3	99.5	40	60				
実施例164	450	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	4	99.5	300	330				
実施例165	330	5	40	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	5	99.5	85	125				
実施例166	200	5	20	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	3	99.5	40	60				
実施例167	450	5	30	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	4	99.5	300	330				
実施例168	200	5	20	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	3	99.5	40	60				
実施例169	150	5	10	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	1.5	99.5	50	60				
実施例170	500	5	40	20	75	5	$\text{FeAl}_3, \text{Fe}_2\text{Al}_6\text{Si}$	5	99.5	80	120				
実施例171	450	15	30	15	70	15	FeAl_5Si	3	99.5	300	330				
実施例172	200	15	20	15	70	15	FeAl_5Si	2	99.5	40	60				
実施例173	450	15	30	15	70	15	FeAl_5Si	3	99.5	300	330				
実施例174	330	15	40	15	70	15	FeAl_5Si	4	99.5	85	125				
実施例175	200	15	20	15	70	15	FeAl_5Si	2	99.5	40	60				
実施例176	450	15	30	15	70	15	FeAl_5Si	3	99.5	300	330				
実施例177	200	15	20	15	70	15	FeAl_5Si	2	99.5	40	60				
実施例178	150	15	10	15	70	15	FeAl_5Si	1.5	99.5	50	60				

[表8]

表8

実施例 または 比較例	使用材料												
	芯材												
	鋼板 (圧延前) 厚さ (μm)	めっき溶 化学成分 Si (wt%)	(圧延前) 厚さ (μm)	アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)					皮材 (Al材)		Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)		
				Fe-Al合金層					化学成分	(圧延前) 厚さ (μm)			
				化学成分			代表的な 金属間化合物	Al (wt%)					
				Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)							
実施例179	500	15	40	15	70	15	FeAl ₅ Si	4	99.5	80	120		
実施例180	450	10	30	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	3	99.9	300	330		
実施例181	200	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	3	99.9	40	60		
実施例182	450	15	30	15	70	15	FeAl ₅ Si	3	99.9	300	330		
実施例183	330	15	40	15	70	15	FeAl ₅ Si	3	99.9	85	125		
実施例184	200	15	20	15	70	15	FeAl ₅ Si	3	99.9	40	60		
実施例185	450	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₃ Si	3	99.9	300	330		
実施例186	200	5	20	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₃ Si	3	99.9	40	60		
実施例187	450	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₃ Si	3	99	300	330		
実施例188	200	5	20	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₃ Si	3	99	40	60		
実施例189	450	10	30	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	3	99	300	330		
実施例190	330	10	40	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	3	99	85	125		
実施例191	200	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	3	99	40	60		
実施例192	450	15	30	15	70	15	FeAl ₅ Si	3	99	300	330		
実施例193	200	15	20	15	70	15	FeAl ₅ Si	3	99	40	60		
実施例194	2000	10	60	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	8	99.5	1500	1560		
実施例195	700	10	50	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	5	99.5	385	435		
実施例196	500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	5	99.5	100	120		
実施例197	200	10	1	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	0.2	99.5	10	11		
実施例198	100	10	10	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	1	99.5	6	16		
実施例199	50	10	5	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	0.5	99.5	9	14		
実施例200	320	5	30	20	75	5	FeAl ₃ , Fe ₂ Al ₃ Si	5	99.5	160	190		
実施例201	250	15	40	15	70	15	FeAl ₅ Si	3	99.5	130	170		
実施例202	1200	10	25	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	1	99.5	300	325		
実施例203	1500	10	20	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	5	99.5	1000	1020		
実施例204	1500	10	35	18	72	9	Fe ₂ Al ₃ Si	4	99.5	500	535		

[0126]

[表9]

表9

使用材料																
実施例 または 比較例	芯材															
	鋼板			アルミニウムめっき層 (Al含有金属層)					皮材 (Al材)			Al含有金属層 及び Al材の 合計厚さ (μm)				
	(圧延前) 厚さ (μm)	めっき浴		(圧延前) 厚さ (μm)	Fe-Al合金層				化学成分		(圧延前) 厚さ (μm)					
		化学成分			化学成分		代表的な 金属間化合物		Al							
		Si (wt%)			Fe (モル%)	Al (モル%)	Si (モル%)		(wt%)							
実施例205	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例206	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例207	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例208	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例209	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例210	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例211	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例212	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	40	65				
実施例213	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	98	40	65				
実施例214	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	98	40	65				
実施例215	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	98	40	65				
実施例216	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	98	40	65				
実施例217	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.9	40	65				
実施例218	350	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.9	40	65				
実施例219	290	10		25	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	2	99.5	10	35				
実施例220	320	10		1	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	0.5	99.5	50	51				
実施例221	320	15		1	15	70	15	FeAl_3Si	0.5	99.5	10	11				
実施例222	320	10		1	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	0.5	98	10	11				
比較例4	150	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-				
比較例5	150	10		3	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	-	-	3				
比較例6	150	10		3	18	72	9	$\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$	3	99.5	10	13				

表9

[表10]

表10

実施例 または 比較例	製造条件			クラッド圧延工程			冷間圧延工程								クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)	
	めっき 浴Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (°C)	圧下率 (%)	クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率								
								第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)	第7 パス (%)		第8 パス (%)
実施例1	10	片面	400	9	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例2	10	片面	400	9	片面	400	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例3	10	片面	400	9	片面	200	10	30	30	24						66
実施例4	10	片面	400	9	片面	200	10	30	30	24						66
実施例5	10	片面	400	9	片面	200	10	30	30	18						64
実施例6	10	片面	400	9	片面	100	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例7	5	片面	400	9	片面	200	10	35	35	17						68
実施例8	15	片面	400	9	片面	30	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例9	10	片面	400	9	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例10	10	片面	400	9	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例11	10	片面	400	9	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例12	10	片面	400	9	片面	400	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例13	10	片面	20	15	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例14	10	片面	20	15	片面	400	10	35	20	19	18	16	14			79
実施例15	10	片面	20	15	片面	200	10	30	30	18						66
実施例16	10	片面	20	15	片面	200	10	30	30	18						66
実施例17	10	片面	20	15	片面	200	10	30	30	18						66
実施例18	10	片面	20	15	片面	100	10	35	20	19	18	16	14			79
実施例19	5	片面	20	15	片面	200	10	35	35	17						70
実施例20	15	片面	20	15	片面	30	10	35	20	19	18	16	14			79
実施例21	10	片面	20	15	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例22	10	片面	20	15	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例23	10	片面	20	15	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例24	10	片面	20	15	片面	400	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例25	10	両面	400	9	片面	200	10	40	39	17						73
実施例26	10	両面	400	9	片面	200	10	35	35	17						68

[0128]

[表11]

表11

実施例 または 比較例	製造条件		クラッド圧延工程		冷間圧延工程								クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)				
	めっき 浴Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (℃)	クラッド した面 の圧下率 (%)	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率										
							第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)		第7 パス (%)	第8 パス (%)		
実施例27	10	両面	400	9	片面	200	10	30	18								64
実施例28	10	両面	400	9	片面	200	10	40	15	13	10						64
実施例29	10	両面	400	9	片面	200	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例30	10	両面	400	9	片面	200	10	25	25	20	11						64
実施例31	10	両面	400	9	片面	200	10	20	20	17	14	12					64
実施例32	10	両面	400	9	片面	200	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例33	10	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17							73
実施例34	10	両面	400	9	片面	30	10	30	30	18	16	15	13				64
実施例35	10	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例36	10	両面	400	9	片面	100	10	40	39	17							73
実施例37	10	両面	400	9	片面	100	10	30	30	18	16	15	13				64
実施例38	10	両面	400	9	片面	100	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例39	10	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17							73
実施例40	10	両面	400	9	片面	400	10	30	30	18	16	15	13				64
実施例41	10	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例42	10	両面	400	9	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例43	10	両面	400	9	片面	400	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例44	10	両面	400	9	片面	200	10	30	30	24							66
実施例45	10	両面	400	9	片面	200	10	30	30	24							66
実施例46	10	両面	400	9	片面	200	10	30	30	18							64
実施例47	10	両面	400	9	片面	100	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例48	5	両面	400	9	片面	200	10	35	35	17							68
実施例49	15	両面	400	9	片面	200	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例50	10	両面	400	9	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例51	10	両面	400	9	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例52	10	両面	400	9	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91

[0129]

[表12]

表12

実施例 または 比較例	製造条件			冷間圧延工程										クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)		
	溶融めっき工程		クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率										
	めっき 浴Si (wt%)	めっき した面				加熱 温度 (°C)	圧下率 (%)	クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)		第4 パス (%)	第5 パス (%)
実施例53	10	両面	400	9	片面	400	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例54	1	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17						73
実施例55	1	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例56	1	両面	400	9	片面	200	10	40	39	17						73
実施例57	1	両面	400	9	片面	200	10	30	30	18						64
実施例58	1	両面	400	9	片面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例59	1	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17						73
実施例60	1	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例61	1	両面	400	9	片面	100	10	35	35	17						68
実施例62	1	両面	400	9	片面	100	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例63	5	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17						73
実施例64	5	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例65	5	両面	400	9	片面	200	10	40	39	17						73
実施例66	5	両面	400	9	片面	200	10	30	30	18						64
実施例67	5	両面	400	9	片面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例68	5	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17						73
実施例69	5	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例70	5	両面	400	9	片面	100	10	35	35	17						68
実施例71	5	両面	400	9	片面	100	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例72	15	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17						73
実施例73	15	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例74	15	両面	400	9	片面	200	10	40	39	17						73
実施例75	15	両面	400	9	片面	200	10	30	30	18						64
実施例76	15	両面	400	9	片面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例77	15	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17						73
実施例78	15	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12			64

[0130]

[表13]

表13

実施例 または 比較例	製造条件			クラッド圧延工程		冷間圧延工程								クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)			
	めっき 溶Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (°C)	圧下率 (%)	クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率									
								第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)		第7 パス (%)	第8 パス (%)	
実施例79	15	両面	400	9	片面	100	10	35	35	17							68
実施例80	15	両面	400	9	片面	100	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例81	10	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17							73
実施例82	10	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例83	15	両面	400	9	片面	200	10	40	39	17							73
実施例84	15	両面	400	9	片面	200	10	40	15	13	10						64
実施例85	15	両面	400	9	片面	200	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例86	5	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17							73
実施例87	5	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例88	5	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17							73
実施例89	5	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例90	10	両面	400	9	片面	200	10	40	39	17							73
実施例91	10	両面	400	9	片面	200	10	40	15	13	10						64
実施例92	10	両面	400	9	片面	200	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例93	15	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17							73
実施例94	15	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例95	10	両面	20	15	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16		92
実施例96	10	両面	20	15	片面	400	10	35	20	19	18	16	14				79
実施例97	10	両面	20	15	片面	200	10	30	30	18							66
実施例98	10	両面	20	15	片面	200	10	30	30	18							66
実施例99	10	両面	20	15	片面	200	10	30	30	18							66
実施例100	10	両面	20	15	片面	100	10	35	20	19	18	16	14				79
実施例101	5	両面	20	15	片面	200	10	35	35	17							70
実施例102	15	両面	20	15	片面	30	10	35	20	19	18	16	14				79
実施例103	10	両面	20	15	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16		92
実施例104	10	両面	20	15	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16		92

[0131]

[表14]

表14

実施例 または 比較例	製造条件			クラッド圧延工程		冷間圧延工程								クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)		
	めっき 浴Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (°C)	圧下率 (%)	クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率								
								第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)		第7 パス (%)	第8 パス (%)
実施例105	10	両面	20	15	片面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例106	10	両面	20	15	片面	400	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例107	10	両面	400	9	片面	400	10	35	14	13	11	8				64
実施例108	10	両面	400	9	片面	400	10	20	35	23						64
実施例109	10	両面	400	9	片面	400	10	14	14	14	15	14	14			64
実施例110	10	両面	400	9	片面	400	10	14	30	22	15					64
実施例111	10	両面	400	9	片面	20	10	40	39	17						73
実施例112	10	両面	400	9	片面	20	10	30	30	18						64
実施例113	10	両面	400	9	片面	20	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例114	10	両面	400	9	片面	20	10	20	35	23						64
実施例115	10	両面	400	9	片面	30	10	40	39	17						73
実施例116	10	両面	400	9	片面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例117	10	両面	400	9	片面	400	10	40	39	17						73
実施例118	10	両面	400	9	片面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例119	10	両面	400	9	片面	200	15	40	39	17						73
実施例120	10	両面	400	9	片面	200	15	15	15	15	14	14	12			64
実施例121	10	両面	400	9	片面	200	15	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例122	10	両面	400	9	片面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例123	15	両面	400	9	片面	200	15	36	35	26	24	22	20	18	16	91
実施例124	10	両面	400	9	片面	20	15	36	35	26	24	22	20	18	16	91
比較例1	1	両面	-	-	-	100	10	40	15	13	10					64
比較例2	10	両面	-	-	-	200	10	25	25	20	11					64
比較例3	15	両面	-	-	-	200	10	25	25	20	11					64
実施例124	10	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17						73
実施例125	10	両面	400	9	両面	200	10	35	35	17						68
実施例126	10	両面	400	9	両面	200	10	30	30	18						64

[0132]

[表15]

表15

実施例 または 比較例	製造条件			クラッド圧延工程		冷間圧延工程								クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)			
	めっき 浴Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (°C)	圧下率 (%)	クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率									
								第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)		第7 パス (%)	第8 パス (%)	
	10	両面	400	9	両面	200	10	40	15	13	10						64
実施例127	10	両面	400	9	両面	200	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例128	10	両面	400	9	両面	200	10	25	25	20	11						64
実施例129	10	両面	400	9	両面	200	10	20	20	17	14	12					64
実施例130	10	両面	400	9	両面	200	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例131	10	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17							73
実施例132	10	両面	400	9	両面	30	10	30	30	18	16	15	13				64
実施例133	10	両面	400	9	両面	30	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例134	10	両面	400	9	両面	100	10	40	39	17							73
実施例135	10	両面	400	9	両面	100	10	30	30	18	16	15	13				64
実施例136	10	両面	400	9	両面	100	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例137	10	両面	400	9	両面	400	10	40	39	17							73
実施例138	10	両面	400	9	両面	400	10	30	30	18	16	15	13				64
実施例139	10	両面	400	9	両面	400	10	15	15	15	14	14	12				64
実施例140	10	両面	400	9	両面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例141	10	両面	400	9	両面	400	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例142	10	両面	400	9	両面	400	10	30	30	24							66
実施例143	10	両面	400	9	両面	200	10	30	30	24							66
実施例144	10	両面	400	9	両面	200	10	30	30	18							64
実施例145	10	両面	400	9	両面	100	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例146	10	両面	400	9	両面	200	10	35	35	17							68
実施例147	5	両面	400	9	両面	200	10	35	20	19	18	16	14				77
実施例148	15	両面	400	9	両面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例149	10	両面	400	9	両面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例150	10	両面	400	9	両面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例151	10	両面	400	9	両面	400	10	36	35	26	24	22	20	18	16		91
実施例152	10	両面	20	15	両面	400	10	36	35	26	24	22	20	18	16		92

[0133]

[表16]

表16

実施例 または 比較例	製造条件			冷間圧延工程										クラッド圧延 および 冷間圧延の 合計圧下率 (%)		
	めっき 浴Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (°C)	クラッド圧延工程		通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率								
				圧下率 (%)	クラッド した面			第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)		第7 パス (%)	第8 パス (%)
実施例153	1	両面	400	9	両面	30	10	40	39	17						73
実施例154	1	両面	400	9	両面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例155	1	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17						73
実施例156	1	両面	400	9	両面	200	10	30	30	18						64
実施例157	1	両面	400	9	両面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例158	1	両面	400	9	両面	400	10	40	39	17						73
実施例159	1	両面	400	9	両面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例160	1	両面	400	9	両面	100	10	35	35	17						68
実施例161	1	両面	400	9	両面	100	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例162	5	両面	400	9	両面	30	10	40	39	17						73
実施例163	5	両面	400	9	両面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例164	5	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17						73
実施例165	5	両面	400	9	両面	200	10	30	30	18						64
実施例166	5	両面	400	9	両面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例167	5	両面	400	9	両面	400	10	40	39	17						73
実施例168	5	両面	400	9	両面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例169	5	両面	400	9	両面	100	10	35	35	17						68
実施例170	5	両面	400	9	両面	100	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例171	15	両面	400	9	両面	30	10	40	39	17						73
実施例172	15	両面	400	9	両面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例173	15	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17						73
実施例174	15	両面	400	9	両面	200	10	30	30	18						64
実施例175	15	両面	400	9	両面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例176	15	両面	400	9	両面	400	10	40	39	17						73
実施例177	15	両面	400	9	両面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例178	15	両面	400	9	両面	100	10	35	35	17						68

[0134]

[表17]

表17

実施例 または 比較例	製造条件			クラッド圧延工程		冷間圧延工程								クラッド圧延 及び 冷間圧延の 合計圧下率 (%)		
	めっき 溶Si (wt%)	めっき した面	加熱 温度 (°C)	圧下率 (%)	クラッド した面	通板 速度 (m/分)	ロール 粗度 (Ra)	圧下率								
								第1 パス (%)	第2 パス (%)	第3 パス (%)	第4 パス (%)	第5 パス (%)	第6 パス (%)		第7 パス (%)	第8 パス (%)
実施例179	15	両面	400	9	両面	100	10	35	20	19	18	16	14			77
実施例180	10	両面	400	9	両面	30	10	40	39	17						73
実施例181	10	両面	400	9	両面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例182	15	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17						73
実施例183	15	両面	400	9	両面	200	10	40	15	13	10					64
実施例184	15	両面	400	9	両面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例185	5	両面	400	9	両面	400	10	40	39	17						73
実施例186	5	両面	400	9	両面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例187	5	両面	400	9	両面	30	10	40	39	17						73
実施例188	5	両面	400	9	両面	30	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例189	10	両面	400	9	両面	200	10	40	39	17						73
実施例190	10	両面	400	9	両面	200	10	40	15	13	10					64
実施例191	10	両面	400	9	両面	200	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例192	15	両面	400	9	両面	400	10	40	39	17						73
実施例193	15	両面	400	9	両面	400	10	15	15	15	14	14	12			64
実施例194	10	両面	20	15	両面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例195	10	両面	20	15	両面	400	10	35	20	19	18	16	14			79
実施例196	10	両面	20	15	両面	200	10	30	30	18						66
実施例197	10	両面	20	15	両面	200	10	30	30	18						66
実施例198	10	両面	20	15	両面	200	10	30	30	18						66
実施例199	10	両面	20	15	両面	100	10	35	20	19	18	16	14			79
実施例200	5	両面	20	15	両面	200	10	35	35	17						70
実施例201	15	両面	20	15	両面	30	10	35	20	19	18	16	14			79
実施例202	10	両面	20	15	両面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例203	10	両面	20	15	両面	200	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92
実施例204	10	両面	20	15	両面	100	10	36	35	26	24	22	20	18	16	92

[0135]

[表18]

表18

[illegible]

[0136] [表19]

表19

製造結果(銅アルミニウム複合箔)												
実施例 または 比較例	平均厚さ (μm)	芯層				Al層				$1\mu\text{m}$ 以上の ポイド 有無		
		鋼層	Al含有金属層			表面粗さ Ra (nm)	化学成分		Fe-Al合金粒			
			平均厚さ (μm)	化学成分			合金粒 径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)	合金粒 径範囲 (μm)		合金粒 面積分率 (%)	
				Si (wt%)	合金粒 径範囲 (μm)							合金粒 面積分率 (%)
実施例1	324	182	5	10	0.3~4.8	18	137	16	99.5	0.3~5.0	24	無し
実施例2	258	159	11	10	0.3~5.0	20	88	17	99.5	-	0	無し
実施例3	210	169	7	10	0.3~3.5	30	34	15	99.5	0.3~0.5	5	無し
実施例4	71	68	0.3	10	0.1~0.2	16	3	14	99.5	0.1~0.3	13	有り
実施例5	42	36	4	10	0.1~0.5	30	2	13	99.5	-	0	有り
実施例6	15	11	1	10	0.1~0.3	12	2	15	99.5	-	0	有り
実施例7	162	102	10	10	0.3~4.0	35	51	15	99.5	-	0	無し
実施例8	96	57	9	10	0.2~3.0	9	30	14	99.5	-	0	無し
実施例9	139	109	2	10	0.1~0.6	25	27	16	99.5	-	0	無し
実施例10	229	137	2	10	0.3~1.8	12	91	16	99.5	0.3~4.0	35	無し
実施例11	185	137	3	10	0.3~2.8	35	46	16	99.5	0.3~3.5	9	無し
実施例12	7	5	1	10	0.1~0.3	10	1	14	99.5	-	0	無し
実施例13	303	170	5	10	0.3~4.8	16	128	16	99.5	0.3~5.0	29	無し
実施例14	241	149	11	10	0.3~5.0	20	82	17	99.5	-	0	無し
実施例15	211	170	7	10	0.3~3.5	30	34	15	99.5	0.3~0.5	5	無し
実施例16	72	68	0.3	10	0.1~0.2	15	3	14	99.5	0.1~0.3	15	有り
実施例17	39	34	3	10	0.1~0.5	30	2	13	99.5	-	0	有り
実施例18	14	11	1	10	0.1~0.3	12	2	15	99.5	-	0	有り
実施例19	152	95	9	10	0.3~4.0	35	48	15	99.5	-	0	無し
実施例20	89	53	9	10	0.2~3.0	9	28	14	99.5	-	0	無し
実施例21	130	102	2	10	0.1~0.6	25	26	16	99.5	-	0	無し
実施例22	214	128	2	10	0.3~1.8	10	85	16	99.5	0.3~4.0	39	無し
実施例23	173	128	3	10	0.3~2.8	35	43	16	99.5	0.3~3.5	10	無し
実施例24	7	5	1	10	0.1~0.3	10	1	14	99.5	-	0	無し
実施例25	120	95	7	10	0.2~2.2	40	11	16	99.5	-	0	無し
実施例26	140	111	8	10	0.2~2.2	35	13	14	99.5	-	0	無し

[0137]

[表20]

表20

実施例 または 比較例	製造結果(鋼アルミニウム複合箔)										
	平均厚さ (μm)	芯層			Al層			1 μm 以上の ポイド 有無			
		鋼層	Al含有金属層		表面粗さ Ra (nm)	化学成分					
			平均厚さ (μm)	化学成分		合金粒 径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)		Al (wt%)	合金粒 径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)
				Si (wt%)	合金粒 径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)	平均厚さ (μm)				
実施例27	160	127	9	10	0.2~2.2	30	15	99.5	-	0	有り
実施例28	160	127	9	10	0.2~2.0	20	15	99.5	-	0	有り
実施例29	100	79	6	10	0.2~2.0	15	9	99.5	-	0	無し
実施例30	160	127	9	10	0.2~2.0	12	15	99.5	-	0	有り
実施例31	160	127	9	10	0.2~1.8	10	15	99.5	-	0	有り
実施例32	160	127	9	10	0.2~1.8	9	15	99.5	-	0	有り
実施例33	120	95	7	10	0.2~1.8	10	11	99.5	-	0	無し
実施例34	160	127	9	10	0.2~1.8	9	15	99.5	-	0	有り
実施例35	160	127	9	10	0.2~1.8	7.5	15	99.5	-	0	有り
実施例36	120	95	7	10	0.2~2.2	30	11	99.5	-	0	無し
実施例37	160	127	9	10	0.2~2.2	19	15	99.5	-	0	有り
実施例38	160	127	9	10	0.2~1.8	8	15	99.5	-	0	有り
実施例39	120	95	7	10	0.2~2.2	49	11	99.5	-	0	無し
実施例40	160	127	9	10	0.2~2.2	40	15	99.5	-	0	有り
実施例41	160	127	9	10	0.2~1.8	10	15	99.5	-	0	有り
実施例42	330	183	5	10	0.3~4.8	18	137	99.5	0.3~5.0	29	無し
実施例43	270	160	11	10	0.3~5.0	20	88	99.5	-	0	無し
実施例44	217	169	7	10	0.3~3.5	30	34	99.5	0.3~0.5	5	無し
実施例45	72	68	0.3	10	0.1~0.2	16	3	99.5	0.1~0.3	15	有り
実施例46	46	36	4	10	0.1~0.5	30	2	99.5	-	0	有り
実施例47	15	11	1	10	0.1~0.3	12	2	99.5	-	0	有り
実施例48	170	100	10	5	0.3~4.0	35	50	99.5	-	0	無し
実施例49	105	57	9	15	0.2~3.0	9	30	99.5	-	0	無し
実施例50	140	109	2	10	0.1~0.6	25	27	99.5	-	0	無し
実施例51	231	136	2	10	0.3~4.0	12	91	99.5	0.3~4.0	39	無し
実施例52	188	136	3	10	0.3~3.5	35	46	99.5	0.3~3.5	10	無し

[0138]

[表21]

表21

製造結果(鋼アルミニウム複合箔)												
実施例 または 比較例	平均厚さ (μm)	芯層					Al層				1 μm 以上の ポイド 有無	
		鋼層	Al含有金属層			表面粗さ Ra (nm)	化学成分					
			平均厚さ (μm)	化学成分			平均厚さ (μm)	Al (wt%)	Fe-Al合金粒			
				Si (wt%)	合金粒 粒径範囲 (μm)				合金粒 面積分率 (%)	合金粒 粒径範囲 (μm)		合金粒 面積分率 (%)
実施例53	8	5	1	10	0.1~0.3	10	14	99.5	-	0	無し	
実施例54	220	123	8	1	0.2~1.8	9	14	99.5	-	0	無し	
実施例55	105	73	7	1	0.2~1.8	7.5	16	99.5	-	0	有り	
実施例56	220	123	8	1	0.2~2.2	38	15	99.5	-	0	無し	
実施例57	180	120	15	1	0.2~2.2	29	30	99.5	-	0	有り	
実施例58	105	73	7	1	0.2~1.8	8.5	16	99.5	-	0	有り	
実施例59	220	123	8	1	0.2~2.2	47	18	99.5	-	0	無し	
実施例60	105	73	7	1	0.2~2.0	10	17	99.5	-	0	有り	
実施例61	70	48	3	1	0.2~1.8	26	15	99.5	0.2~3.0	7.5	無し	
実施例62	150	114	9	1	0.2~2.0	11	14	99.5	-	0	無し	
実施例63	220	123	8	5	0.2~1.8	10	14	99.5	-	0	無し	
実施例64	105	73	7	5	0.2~1.8	7.5	16	99.5	-	0	有り	
実施例65	220	123	8	5	0.2~2.2	40	15	99.5	-	0	無し	
実施例66	180	120	15	5	0.2~2.2	30	14	99.5	-	0	有り	
実施例67	105	73	7	5	0.2~1.8	9	16	99.5	-	0	有り	
実施例68	220	123	8	5	0.2~2.2	48	17	99.5	-	0	無し	
実施例69	105	73	7	5	0.2~2.0	10	18	99.5	-	0	有り	
実施例70	70	48	3	5	0.1~1.0	28	15	99.5	-	0	無し	
実施例71	150	114	9	5	0.2~2.0	12	14	99.5	-	0	無し	
実施例72	220	123	8	15	0.2~1.8	12	15	99.5	-	0	無し	
実施例73	105	73	7	15	0.2~1.8	9	14	99.5	-	0	有り	
実施例74	220	123	8	15	0.2~2.2	42	16	99.5	-	0	無し	
実施例75	180	120	15	15	0.2~2.2	33	15	99.5	-	0	有り	
実施例76	105	73	7	15	0.2~1.8	9	14	99.5	-	0	有り	
実施例77	220	123	8	15	0.2~2.2	49	16	99.5	-	0	無し	
実施例78	105	73	7	15	0.2~2.0	12	18	99.5	-	0	有り	

[0139]

[表22]

表22

実施例 または 比較例	製造結果(鋼アルミニウム複合箔)										1 μ m 以上の ポイド 有無	
	平均厚さ (μ m)	芯層					Al層					
		鋼層 平均厚さ (μ m)	平均厚さ (μ m)	Al含有金属層		表面粗さ Ra (nm)	平均厚さ (μ m)	化学成分		合金粒 面積分率 (%)		
				化学成分	Fe-Al合金粒			Al (wt%)	合金粒 粒径範囲 (μ m)			
					Si (wt%)							合金粒 粒径範囲 (μ m)
実施例79	70	48	3	15	0.1~1.0	30	16	17	99.5	-	0	無し
実施例80	150	114	9	15	0.3~2.0	14	18	15	99.5	-	0	無し
実施例81	220	123	8	10	0.2~1.8	10	81	12	99.9	-	0	無し
実施例82	105	73	7	10	0.2~1.8	7.5	18	11	99.9	-	0	有り
実施例83	220	123	8	15	0.2~2.2	40	81	10	99.9	-	0	無し
実施例84	180	120	15	15	0.2~2.2	20	30	11	99.9	-	0	有り
実施例85	105	73	7	15	0.2~1.8	9	18	12	99.9	-	0	有り
実施例86	220	123	8	5	0.2~2.2	49	81	13	99.9	-	0	無し
実施例87	105	73	7	5	0.2~1.8	10	18	14	99.9	-	0	有り
実施例88	220	123	8	5	0.2~1.8	10	81	21	99	-	0	無し
実施例89	105	73	7	5	0.2~1.8	7.5	18	25	99	-	0	有り
実施例90	220	123	8	10	0.2~2.2	40	81	23	99	-	0	無し
実施例91	180	120	15	10	0.2~2.2	20	30	24	99	-	0	有り
実施例92	105	73	7	10	0.2~2.2	9	18	21	99	-	0	有り
実施例93	220	123	8	15	0.2~2.2	49	81	22	99	-	0	無し
実施例94	105	73	7	15	0.2~1.8	10	18	24	99	-	0	有り
実施例95	308	170	5	10	0.3~4.8	16	128	16	99.5	0.3~5.0	19	無し
実施例96	252	149	11	10	0.3~5.0	20	82	17	99.5	-	0	無し
実施例97	218	170	7	10	0.3~3.5	30	34	15	99.5	0.3~0.5	5	無し
実施例98	72	68	0.3	10	0.1~0.2	15	3	14	99.5	0.1~0.3	15	有り
実施例99	43	34	3	10	0.1~0.5	30	2	13	99.5	-	0	有り
実施例100	15	11	1	10	0.1~0.3	12	2	15	99.5	-	0	有り
実施例101	161	95	9	10	0.3~4.0	35	48	15	99.5	-	0	無し
実施例102	98	53	9	10	0.2~3.0	9	28	14	99.5	-	0	無し
実施例103	132	102	2	10	0.1~0.6	25	26	16	99.5	-	0	無し
実施例104	216	128	2	10	0.3~4.0	10	85	16	99.5	0.3~4.0	39	無し

[0140]

[表23]

表23

製造結果(銅アルミニウム複合箔)												
実施例 または 比較例	平均厚さ (μm)	芯層				Al層				$1\mu\text{m}$ 以上の ポイド 有無		
		鋼層 平均厚さ (μm)	平均厚さ (μm)	Al含有金属層		表面粗さ Ra (nm)	化学成分		Fe-Al合金粒			
				化学成分	Fe-Al合金粒		合金粒 径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)	合金粒 径範囲 (μm)		合金粒 面積分率 (%)	
					Si (wt%)							平均厚さ (μm)
実施例105	176	128	3	10	0.3~3.5	35	43	16	99.5	0.3~3.5	10	無し
実施例106	7	5	1	10	0.1~0.3	10	1	14	99.5	-	0	無し
実施例107	160	127	9	10	0.2~1.8	4	15	17	99.5	-	0	有り
実施例108	160	127	9	10	0.2~1.8	5	15	15	99.5	-	0	有り
実施例109	160	127	9	10	0.2~1.8	2	15	16	99.5	-	0	有り
実施例110	160	127	9	10	0.2~1.8	3	15	17	99.5	-	0	有り
実施例111	120	95	7	10	0.2~1.8	6	11	15	99.5	-	0	無し
実施例112	160	127	9	10	0.2~1.8	5	15	16	99.5	-	0	有り
実施例113	160	127	9	10	0.2~1.8	1	15	15	99.5	-	0	有り
実施例114	160	127	9	10	0.2~1.8	1	15	16	99.5	-	0	有り
実施例115	120	95	7	10	0.2~1.8	10	11	32	98	-	0	無し
実施例116	160	127	9	10	0.2~1.8	7.5	15	27	98	-	0	有り
実施例117	120	95	7	10	0.2~2.2	49	11	35	98	-	0	無し
実施例118	160	127	9	10	0.2~1.8	10	15	28	98	-	0	有り
実施例119	120	95	7	10	0.2~2.2	40	11	30	99.9	-	0	無し
実施例120	160	127	9	10	0.2~2.2	9	15	30	99.9	-	0	有り
実施例121	50	45	2	10	0.2~1.5	35	0.9	26	99.5	-	0	無し
実施例122	31	29	0.09	10	0.05~0.08	35	2	17	99.5	-	0	無し
実施例123	30	29	0.09	15	0.05~0.08	35	0.9	26	99.5	-	0	有り
実施例124	30	29	0.09	10	0.05~0.08	4	0.9	32	98	-	0	有り
比較例1	145	127	9	1	0.2~1.8	15	-	-	-	-	0	有り
比較例2	145	127	9	10	0.2~1.8	12	-	-	-	-	0	有り
比較例3	145	127	9	15	0.2~1.5	12	-	-	-	-	0	有り
実施例124	131	95	7	10	0.2~2.2	40	11	16	99.5	-	0	無し
実施例125	153	111	8	10	0.2~2.2	35	13	14	99.5	-	0	無し
実施例126	175	127	9	10	0.2~2.2	30	15	15	99.5	-	0	有り

[0141]

[表24]

表24

製造結果(鋼アルミニウム複合箔)												
実施例 または 比較例	芯層				Al層				1 μm 以上の ポイド 有無			
	平均厚さ (μm)	鋼層		Al含有金属層		平均厚さ (μm)	表面粗さ Ra (nm)	化学成分				
		平均厚さ (μm)	化学成分	Fe-Al合金粒				Al (wt%)		合金粒 粒径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)	
				合金粒 粒径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)							
実施例127	175	127	9	10	0.2~2.0	20	15	14	99.5	-	0	有り
実施例128	109	79	6	10	0.2~2.0	15	9	16	99.5	-	0	無し
実施例129	175	127	9	10	0.2~2.0	12	15	15	99.5	-	0	有り
実施例130	175	127	9	10	0.2~1.8	10	15	14	99.5	-	0	有り
実施例131	175	127	9	10	0.2~1.8	9	15	16	99.5	-	0	有り
実施例132	131	95	7	10	0.2~1.8	10	11	16	99.5	-	0	無し
実施例133	175	127	9	10	0.2~1.8	9	15	15	99.5	-	0	有り
実施例134	175	127	9	10	0.2~1.8	7.5	15	14	99.5	-	0	有り
実施例135	131	95	7	10	0.2~2.2	30	11	16	99.5	-	0	無し
実施例136	175	127	9	10	0.2~2.2	19	15	14	99.5	-	0	有り
実施例137	175	127	9	10	0.2~1.8	8	15	15	99.5	-	0	有り
実施例138	131	95	7	10	0.2~2.2	49	11	17	99.5	-	0	無し
実施例139	175	127	9	10	0.2~2.2	40	15	17	99.5	-	0	有り
実施例140	175	127	9	10	0.2~1.8	10	15	18	99.5	-	0	有り
実施例141	467	183	5	10	0.3~4.8	16	137	16	99.5	0.3~5.0	29	無し
実施例142	358	160	11	10	0.3~5.0	20	88	17	99.5	-	0	無し
実施例143	251	169	7	10	0.3~3.5	30	34	15	99.5	0.3~0.5	5	無し
実施例144	75	68	0.3	10	0.1~0.2	15	3	14	99.5	0.1~0.3	15	有り
実施例145	48	36	4	10	0.1~0.5	30	2	13	99.5	-	0	有り
実施例146	17	11	1	10	0.1~0.3	12	2	15	99.5	-	0	有り
実施例147	220	100	10	5	0.3~4.0	35	50	15	99.5	-	0	無し
実施例148	135	57	9	15	0.2~3.0	15	30	14	99.5	-	0	無し
実施例149	167	109	2	10	0.1~0.6	25	27	16	99.5	-	0	無し
実施例150	322	136	2	10	0.3~4.0	10	91	16	99.5	0.3~4.0	39	無し
実施例151	234	136	3	10	0.3~3.5	25	46	16	99.5	0.3~3.5	10	無し
実施例152	9	5	1	10	0.1~0.3	10	1	14	99.5	-	0	無し

[0142]

[表25]

表25

製造結果(鋼アルミニウム複合箔)												
実施例 または 比較例	芯層					Al層					1 μm 以上の ポイド 有無	
	平均厚さ (μm)	鋼層 平均厚さ (μm)	Al含有金属層		表面粗さ Ra (nm)	化学成分		Fe-Al合金粒				
			平均厚さ (μm)	Si (wt%)		化学成分		合金粒 粒徑範圍 (μm)	合金粒 面積分率 (%)			
						合金粒 粒徑範圍 (μm)	合金粒 面積分率 (%)					
実施例153	301	123	8	1	0.2~1.8	9	81	99.5	-	0	無し	
実施例154	123	73	7	1	0.2~1.8	7.5	18	99.5	-	0	有り	
実施例155	301	123	8	1	0.2~2.2	38	81	99.5	-	0	無し	
実施例156	210	120	15	1	0.2~2.2	29	30	99.5	-	0	有り	
実施例157	123	73	7	1	0.2~1.8	8.5	18	99.5	-	0	有り	
実施例158	301	123	8	1	0.2~2.2	47	81	99.5	-	0	無し	
実施例159	123	73	7	1	0.2~2.0	10	18	99.5	-	0	有り	
実施例160	86	48	3	1	0.2~1.8	26	16	99.5	0.2~3.0	7.5	無し	
実施例161	168	114	9	1	0.2~2.0	11	18	99.5	-	0	無し	
実施例162	301	123	8	5	0.2~1.8	10	81	99.5	-	0	無し	
実施例163	123	73	7	5	0.2~1.8	7.5	18	99.5	-	0	有り	
実施例164	301	123	8	5	0.2~2.2	40	81	99.5	-	0	無し	
実施例165	210	120	15	5	0.2~2.2	30	30	99.5	-	0	有り	
実施例166	123	73	7	5	0.2~1.8	9	18	99.5	-	0	有り	
実施例167	301	123	8	5	0.2~2.2	48	81	99.5	-	0	無し	
実施例168	123	73	7	5	0.2~2.0	10	18	99.5	-	0	有り	
実施例169	86	48	3	5	0.1~1.0	28	16	99.5	-	0	無し	
実施例170	168	114	9	5	0.2~2.0	12	18	99.5	-	0	無し	
実施例171	301	123	8	15	0.2~1.8	12	81	99.5	-	0	無し	
実施例172	123	73	7	15	0.2~1.8	9	18	99.5	-	0	有り	
実施例173	301	123	8	15	0.2~2.2	42	81	99.5	-	0	無し	
実施例174	210	120	15	15	0.2~2.2	33	30	99.5	-	0	有り	
実施例175	123	73	7	15	0.2~1.8	9	18	99.5	-	0	有り	
実施例176	301	123	8	15	0.2~2.2	49	81	99.5	-	0	無し	
実施例177	123	73	7	15	0.2~2.0	12	18	99.5	-	0	有り	
実施例178	86	48	3	15	0.1~1.0	30	16	99.5	-	0	無し	

[0143]

[表26]

表26

製造結果(鋼アルミニウム複合箔)												
実施例 または 比較例	芯層					Al層					1 μm 以上の ボイド 有無	
	平均厚さ (μm)	鋼層 平均厚さ (μm)	Al含有金属層		表面粗さ Ra (nm)	平均厚さ (μm)	化学成分	Fe-Al合金粒				
			化学成分	Fe-Al合金粒								
				Si (wt%)				合金粒 粒径範囲 (μm)	合金粒 面積分率 (%)			
実施例179	168	114	9	15	0.3~2.0	14	15	18	99.5	-	0	無し
実施例180	301	123	8	10	0.2~1.8	10	12	81	99.9	-	0	無し
実施例181	123	73	7	10	0.2~1.8	7.5	11	18	99.9	-	0	有り
実施例182	301	123	8	15	0.2~2.2	40	10	81	99.9	-	0	無し
実施例183	210	120	15	15	0.2~2.2	20	11	30	99.9	-	0	有り
実施例184	123	73	7	15	0.2~1.8	9	12	18	99.9	-	0	有り
実施例185	301	123	8	5	0.2~2.2	49	13	81	99.9	-	0	無し
実施例186	123	73	7	5	0.2~1.8	10	14	18	99.9	-	0	有り
実施例187	301	123	8	5	0.2~1.8	10	21	81	99	-	0	無し
実施例188	123	73	7	5	0.2~1.8	7.5	25	18	99	-	0	有り
実施例189	301	123	8	10	0.2~2.2	40	23	81	99	-	0	無し
実施例190	210	120	15	10	0.2~2.2	20	24	30	99	-	0	有り
実施例191	123	73	7	10	0.2~2.2	9	21	18	99	-	0	有り
実施例192	301	123	8	15	0.2~2.2	49	22	81	99	-	0	無し
実施例193	123	73	7	15	0.2~1.8	10	24	18	99	-	0	有り
実施例194	435	170	5	10	0.3~4.8	35	16	128	99.5	0.3~5.0	19	無し
実施例195	334	149	11	10	0.3~5.0	20	17	82	99.5	-	0	無し
実施例196	252	170	7	10	0.3~3.5	30	15	34	99.5	0.3~0.5	5	無し
実施例197	75	68	0.3	10	0.1~0.2	30	14	3	99.5	0.1~0.3	15	有り
実施例198	45	34	3	10	0.1~0.5	30	13	2	99.5	-	0	有り
実施例199	17	11	1	10	0.1~0.3	12	15	2	99.5	-	0	有り
実施例200	208	95	9	10	0.3~4.0	35	15	48	99.5	-	0	無し
実施例201	125	53	9	10	0.2~3.0	9	14	28	99.5	-	0	無し
実施例202	157	102	2	10	0.1~0.6	25	16	26	99.5	-	0	無し
実施例203	301	128	2	10	0.3~4.0	40	16	85	99.5	0.3~4.0	39	無し
実施例204	218	128	3	10	0.3~3.5	35	16	43	99.5	0.3~3.5	10	無し

[0144]

[表27]

表27

製造結果（鋼アルミニウム複合箔）													
実施例 または 比較例	平均厚さ （μm）	芯層				Al層				1 μm 以上の ポイド 有無			
		鋼層 平均厚さ （μm）	平均厚さ （μm）	Al含有金属層		表面粗さ Ra （nm）	化学成分	Fe-Al合金粒					
				Si （wt%）	合金粒 粒径範囲 （μm）			合金粒 面積分率 （%）	合金粒 粒径範囲 （μm）		合金粒 面積分率 （%）		
実施例205	175	127	9	10	0.2～1.8	4	15	17	99.5	-	0	有り	
実施例206	175	127	9	10	0.2～1.8	5	15	15	99.5	-	0	有り	
実施例207	175	127	9	10	0.2～1.8	2	15	16	99.5	-	0	有り	
実施例208	175	127	9	10	0.2～1.8	3	15	17	99.5	-	0	有り	
実施例209	131	95	7	10	0.2～1.8	6	11	15	99.5	-	0	無し	
実施例210	175	127	9	10	0.2～1.8	5	15	16	99.5	-	0	有り	
実施例211	175	127	9	10	0.2～1.8	1	15	15	99.5	-	0	有り	
実施例212	175	127	9	10	0.2～1.8	1	15	16	99.5	-	0	有り	
実施例213	131	95	7	10	0.2～1.8	10	11	32	98	-	0	無し	
実施例214	175	127	9	10	0.2～1.8	7.5	15	27	98	-	0	有り	
実施例215	131	95	7	10	0.2～2.2	49	11	35	98	-	0	無し	
実施例216	175	127	9	10	0.2～1.8	10	15	28	98	-	0	有り	
実施例217	131	95	7	10	0.2～2.2	40	11	30	99.9	-	0	無し	
実施例218	175	127	9	10	0.2～2.2	9	15	30	99.9	-	0	有り	
実施例219	51	45	2	10	0.2～1.5	35	0.9	26	99.5	-	0	無し	
実施例220	33	29	0.09	10	0.05～0.08	35	2	17	99.5	-	0	無し	
実施例221	31	29	0.09	15	0.05～0.08	35	0.9	26	99.5	-	0	有り	
実施例222	31	29	0.09	10	0.05～0.08	4	0.9	32	98	-	0	有り	
比較例4	150	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
比較例5	153	150	3	10	-	0	-	-	-	-	-	-	
比較例6	149	137	3	10	-	0	9	700	99.5	-	0	有り	

[0145] [表28]

表28

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例1	VG	11	0	VG	G
実施例2	VG	8	1	VG	G
実施例3	VG	10	1	VG	G
実施例4	G	3	1	GG	NG
実施例5	G	5	1	GG	NG
実施例6	G	4	1	VG	NG
実施例7	VG	11	1	VG	G
実施例8	VG	6	2	GG	G
実施例9	VG	8	1	VG	G
実施例10	VG	10	0	VG	G
実施例11	VG	8	0	VG	G
実施例12	G	5	1	GG	G
実施例13	VG	11	0	VG	G
実施例14	VG	8	1	VG	G
実施例15	VG	10	1	VG	G
実施例16	G	3	1	GG	NG
実施例17	G	5	1	GG	NG
実施例18	G	4	1	VG	NG
実施例19	VG	11	1	VG	G
実施例20	VG	6	2	GG	G
実施例21	VG	8	1	VG	G
実施例22	VG	10	0	VG	G
実施例23	VG	8	0	VG	G
実施例24	G	5	1	GG	G
実施例25	VG	11	1	VG	G
実施例26	VG	11	1	GG	G

[0146] [表29]

表29

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例27	VG	9	1	VG	NG
実施例28	VG	8	1	GG	NG
実施例29	VG	7	1	VG	G
実施例30	VG	6	1	VG	NG
実施例31	VG	6	1	GG	NG
実施例32	VG	5	2	VG	NG
実施例33	VG	6	1	VG	G
実施例34	VG	5	2	VG	NG
実施例35	VG	5	2	GG	NG
実施例36	VG	9	1	VG	G
実施例37	VG	8	1	GG	NG
実施例38	VG	5	2	VG	NG
実施例39	VG	12	1	VG	G
実施例40	VG	11	1	VG	NG
実施例41	VG	6	1	VG	NG
実施例42	VG	11	0	VG	G
実施例43	VG	8	1	VG	G
実施例44	VG	10	1	VG	G
実施例45	G	3	0	GG	NG
実施例46	G	5	1	GG	NG
実施例47	G	4	1	VG	NG
実施例48	VG	11	1	VG	G
実施例49	VG	7	1	GG	G
実施例50	VG	8	1	VG	G
実施例51	VG	10	0	VG	G
実施例52	VG	8	0	VG	G

[0147]

[表30]

表30

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例53	G	5	1	GG	G
実施例54	VG	6	2	GG	G
実施例55	VG	5	2	VG	NG
実施例56	VG	11	1	VG	G
実施例57	VG	10	1	GG	NG
実施例58	VG	5	2	VG	NG
実施例59	VG	12	2	VG	G
実施例60	VG	6	1	VG	NG
実施例61	VG	9	0	VG	G
実施例62	VG	6	1	GG	G
実施例63	VG	6	1	GG	G
実施例64	VG	5	2	VG	NG
実施例65	VG	11	1	VG	G
実施例66	VG	10	1	GG	NG
実施例67	VG	5	2	VG	NG
実施例68	VG	12	2	VG	G
実施例69	VG	6	1	VG	NG
実施例70	VG	9	1	VG	G
実施例71	VG	6	1	GG	G
実施例72	VG	6	1	VG	G
実施例73	VG	5	2	GG	NG
実施例74	VG	11	2	VG	G
実施例75	VG	10	1	VG	NG
実施例76	VG	5	2	GG	NG
実施例77	VG	12	2	VG	G
実施例78	VG	6	1	VG	NG

[0148] [表31]

表31

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例79	VG	9	1	VG	G
実施例80	VG	6	1	VG	G
実施例81	VG	6	1	GG	G
実施例82	VG	5	2	GG	NG
実施例83	VG	11	1	GG	G
実施例84	VG	8	1	GG	NG
実施例85	VG	6	2	GG	NG
実施例86	VG	12	2	GG	G
実施例87	VG	6	1	GG	NG
実施例88	VG	6	1	G	G
実施例89	VG	5	2	G	NG
実施例90	VG	11	1	G	G
実施例91	VG	8	1	G	NG
実施例92	VG	5	2	G	NG
実施例93	VG	11	2	G	G
実施例94	VG	7	1	G	NG
実施例95	VG	11	0	VG	G
実施例96	VG	8	1	VG	G
実施例97	VG	10	1	VG	G
実施例98	G	3	0	GG	NG
実施例99	G	5	1	GG	NG
実施例100	G	4	1	VG	NG
実施例101	VG	11	1	VG	G
実施例102	VG	6	1	GG	G
実施例103	VG	8	1	VG	G
実施例104	VG	10	0	VG	G

[0149]

[表32]

表32

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例105	VG	8	0	VG	G
実施例106	G	5	1	GG	G
実施例107	VG	3	4	G	NG
実施例108	VG	4	3	G	NG
実施例109	VG	3	4	G	NG
実施例110	VG	3	4	G	NG
実施例111	VG	3	4	G	G
実施例112	VG	4	4	G	NG
実施例113	VG	3	3	G	NG
実施例114	VG	3	5	G	NG
実施例115	VG	7	1	A	G
実施例116	VG	6	2	A	NG
実施例117	VG	11	2	A	G
実施例118	VG	6	1	A	NG
実施例119	VG	10	1	A	G
実施例120	VG	7	2	A	NG
実施例121	A	3	1	A	G
実施例122	A	2	3	G	G
実施例123	A	2	3	A	NG
実施例124	A	2	4	A	NG
比較例1	G	5	1	NG	NG
比較例2	G	5	1	NG	NG
比較例3	G	5	1	NG	NG
実施例124	VG	11	1	VG	G
実施例125	VG	11	1	GG	G
実施例126	VG	9	1	VG	NG

[0150] [表33]

表33

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例127	VG	8	1	GG	NG
実施例128	VG	7	1	VG	G
実施例129	VG	6	1	VG	NG
実施例130	VG	6	1	GG	NG
実施例131	VG	5	2	VG	NG
実施例132	VG	6	1	VG	G
実施例133	VG	5	2	VG	NG
実施例134	VG	5	2	GG	NG
実施例135	VG	9	1	VG	G
実施例136	VG	8	1	GG	NG
実施例137	VG	5	2	VG	NG
実施例138	VG	12	1	VG	G
実施例139	VG	11	1	VG	NG
実施例140	VG	6	1	VG	NG
実施例141	VG	11	0	VG	G
実施例142	VG	8	1	VG	G
実施例143	VG	10	1	VG	G
実施例144	G	3	0	GG	NG
実施例145	G	5	1	GG	NG
実施例146	G	4	1	VG	NG
実施例147	VG	11	1	VG	G
実施例148	VG	7	1	GG	G
実施例149	VG	8	1	VG	G
実施例150	VG	10	0	VG	G
実施例151	VG	8	0	VG	G
実施例152	G	5	1	GG	G

[0151]

[表34]

表34

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例153	VG	6	2	GG	G
実施例154	VG	5	2	VG	NG
実施例155	VG	11	1	VG	G
実施例156	VG	10	1	GG	NG
実施例157	VG	5	2	VG	NG
実施例158	VG	12	2	VG	G
実施例159	VG	6	1	VG	NG
実施例160	VG	9	0	VG	G
実施例161	VG	6	1	GG	G
実施例162	VG	6	1	GG	G
実施例163	VG	5	2	VG	NG
実施例164	VG	11	1	VG	G
実施例165	VG	10	1	GG	NG
実施例166	VG	5	2	VG	NG
実施例167	VG	12	2	VG	G
実施例168	VG	6	1	VG	NG
実施例169	VG	9	1	VG	G
実施例170	VG	6	1	GG	G
実施例171	VG	6	1	VG	G
実施例172	VG	5	2	GG	NG
実施例173	VG	11	2	VG	G
実施例174	VG	10	1	VG	NG
実施例175	VG	5	2	GG	NG
実施例176	VG	12	2	VG	G
実施例177	VG	6	1	VG	NG
実施例178	VG	9	1	VG	G

[0152] [表35]

表35

実施例 または 比較例	評価結果				
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率	温度サイ クル試験
実施例179	VG	6	1	VG	G
実施例180	VG	6	1	GG	G
実施例181	VG	5	2	GG	NG
実施例182	VG	11	1	GG	G
実施例183	VG	8	1	GG	NG
実施例184	VG	6	2	GG	NG
実施例185	VG	12	2	GG	G
実施例186	VG	6	1	GG	NG
実施例187	VG	6	1	G	G
実施例188	VG	5	2	G	NG
実施例189	VG	11	1	G	G
実施例190	VG	8	1	G	NG
実施例191	VG	5	2	G	NG
実施例192	VG	11	2	G	G
実施例193	VG	7	1	G	NG
実施例194	VG	11	0	VG	G
実施例195	VG	8	1	VG	G
実施例196	VG	10	1	VG	G
実施例197	G	3	0	GG	NG
実施例198	G	5	1	GG	NG
実施例199	G	4	1	VG	NG
実施例200	VG	11	1	VG	G
実施例201	VG	6	1	GG	G
実施例202	VG	8	1	VG	G
実施例203	VG	10	0	VG	G
実施例204	VG	8	0	VG	G

[0153]

[表36]

実施例 または 比較例	評価結果			
	耐食試験	180度 曲げ試験	CIGS 成膜後 欠陥数	CIGS 変換効率
				温度サイ クル試験
実施例205	VG	3	4	G
実施例206	VG	4	3	G
実施例207	VG	3	4	G
実施例208	VG	3	4	G
実施例209	VG	3	4	G
実施例210	VG	4	4	G
実施例211	VG	3	3	G
実施例212	VG	3	5	G
実施例213	VG	7	1	A
実施例214	VG	6	2	A
実施例215	VG	11	2	A
実施例216	VG	6	1	A
実施例217	VG	10	1	A
実施例218	VG	7	2	A
実施例219	A	3	1	A
実施例220	A	2	3	G
実施例221	A	2	3	A
実施例222	A	2	4	A
比較例4	B	-	-	-
比較例5	NG	1	-	-
比較例6	G	1	7	NG

[0154]

[表37]

表37

実施例	使用基板	絶縁膜種類	被膜厚さ (μm)	耐電圧 (V)	表面粗度 Ra(nm)	CIGS 変換効率
実施例223	実施例25	AIN	0.01	500	16	G
実施例224		AIN	0.1	600	16	G
実施例225		AIN	1	850	18	VG
実施例226		AIN	4	1000	20	GG
実施例227	実施例98	Al ₂ O ₃	0.5	500	20	G
実施例228		Al ₂ O ₃	1	650	20	G
実施例229		Al ₂ O ₃	2	800	20	VG
実施例230		Al ₂ O ₃	10	1000	20	GG
実施例231		Al ₂ O ₃	50	1500	20	GG
実施例232		ゾルゲル	0.1	500	20	G
実施例233	実施例124	ゾルゲル	0.5	600	20	G
実施例234		ゾルゲル	1	800	19	VG
実施例235		ゾルゲル	4	1000	19	GG
実施例236		ゾルゲル	8	1600	18	GG
実施例237	実施例197	ラミネート	1	500	20	G
実施例238		ラミネート	5	900	20	VG
実施例239		ラミネート	10	1200	20	GG
実施例240		ラミネート	50	2000	20	GG

産業上の利用可能性

[0155] 本発明の上記態様によれば、太陽電池や有機EL照明の基材用金属箔として要求される耐食性、表面平滑性、及び弾塑性変形性を同時に満足するとともに、高温に加熱して冷却した場合にもAl含有金属層などの剥離や割れが生じにくい鋼アルミニウム複合箔を提供できる。そのため、産業上の利用可能性が高い。

符号の説明

[0156] 1…鋼アルミニウム複合箔
2…芯層

3…A I 層

3 a…A I 層 3 の表面

4…鋼層

4 a…鋼層 4 の鋼層面

5…A I 含有金属層

5 a…A I 含有金属層 5 の A I 含有金属層面

6…界面

7…F e - A I 合金粒

7 a…界面 6 上に分散された F e - A I 合金粒

7 b…A I 含有金属層 5 中に分散された F e - A I 合金粒

7 c…A I 層 3 中に分散された F e - A I 合金粒

8…各種の被覆層

9…ボイド

請求の範囲

- [請求項1] 鋼層及び前記鋼層上に形成されたA l含有金属層を有する芯層と、前記芯層の前記A l含有金属層上に積層されたA l層と、を具備してなり、
- 厚さ方向と切断方向とが平行な断面で見た場合に、前記A l含有金属層中に、前記鋼層から離間して分散されたF e－A l合金粒が含まれていることを特徴とする鋼アルミニウム複合箔。
- [請求項2] 前記断面で見た場合に、前記A l含有金属層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記F e－A l合金粒の面積分率が、前記断面中に含まれるF e－A l合金粒に対して、7.5面積%以上50面積%未満の範囲であることを特徴とする請求項1に記載の鋼アルミニウム複合箔。
- [請求項3] 前記A l含有金属層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記F e－A l合金粒の粒径が、0.1～5 μ mの範囲であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の鋼アルミニウム複合箔。
- [請求項4] 前記断面で見た場合に、前記A l層中に、前記鋼層から離間して分散されたF e－A l合金粒が含まれていることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。
- [請求項5] 前記断面で見た場合に、前記A l層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記F e－A l合金粒の面積分率が、前記断面中に含まれるF e－A l合金粒に対して、7.5面積%以上40面積%未満の範囲であることを特徴とする請求項4に記載の鋼アルミニウム複合箔。
- [請求項6] 前記A l層中に含まれる前記鋼層から離間して分散された前記F e－A l合金粒の粒径が、0.1～5 μ mの範囲であることを特徴とする請求項4または請求項5に記載の鋼アルミニウム複合箔。
- [請求項7] 前記厚さ方向を法線とする前記鋼層の2つの外面を鋼層面としたとき、前記A l含有金属層が、それぞれの前記鋼層面上に配されること

を特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

[請求項8] 前記厚さ方向を法線とする前記 A l 含有金属層の 2 つの外면을 A l 含有金属層面としたとき、前記 A l 層が、それぞれの前記 A l 含有金属層面上に配されることを特徴とする請求項 7 に記載の鋼アルミニウム複合箔。

[請求項9] 前記断面中に含まれるボイドが、円相当径で $1\ \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

[請求項10] 前記 A l 含有金属層の化学成分が、1 ～ 15 質量%の S i を含有し、残部が A l 及び不純物からなることを特徴とする請求項 1 ～ 9 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

[請求項11] 前記 F e - A l 合金粒が、 FeAl_3 、 $\text{Fe}_2\text{Al}_8\text{Si}$ 、 FeAl_5Si から選択される少なくとも 1 つの金属間化合物を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 10 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

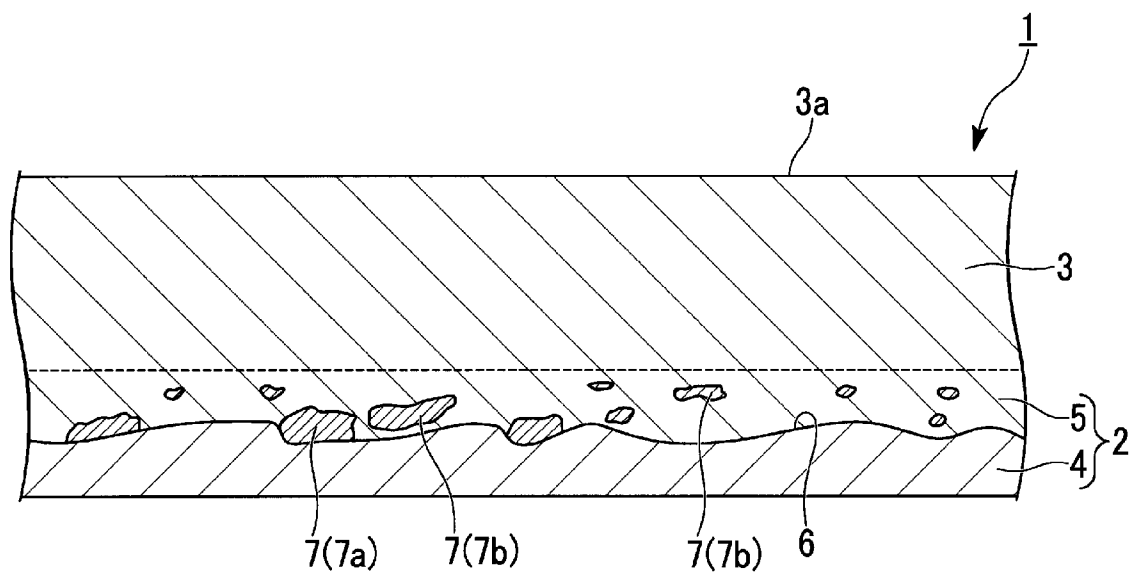
[請求項12] 前記 A l 層の化学成分が、99.0 質量%以上の A l 及び不純物からなることを特徴とする請求項 1 ～ 11 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

[請求項13] 前記 A l 層の表面の表面粗さ R a が、10 ～ 25 nm であることを特徴とする請求項 1 ～ 12 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

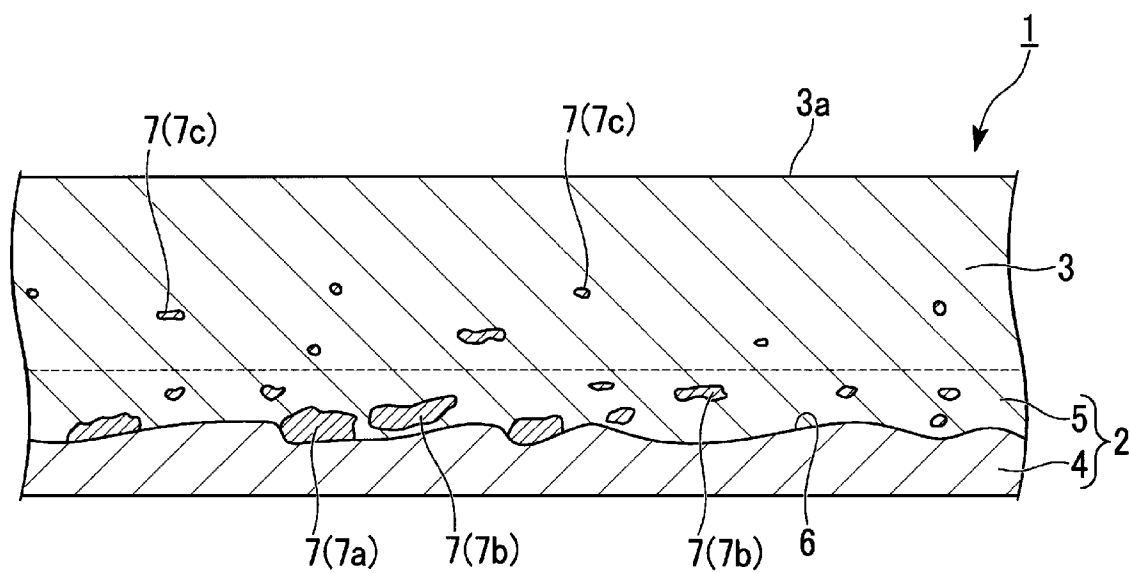
[請求項14] 前記 A l 層の表面に、さらに、A l N 層及び A l₂O₃ 層から選択される少なくとも 1 つが備えられていることを特徴とする請求項 1 ～ 13 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

[請求項15] 前記 A l 層の表面に、さらに、ゾルゲル層及びラミネート層から選択される少なくとも 1 つが備えられていることを特徴とする請求項 1 ～ 13 の何れか一項に記載の鋼アルミニウム複合箔。

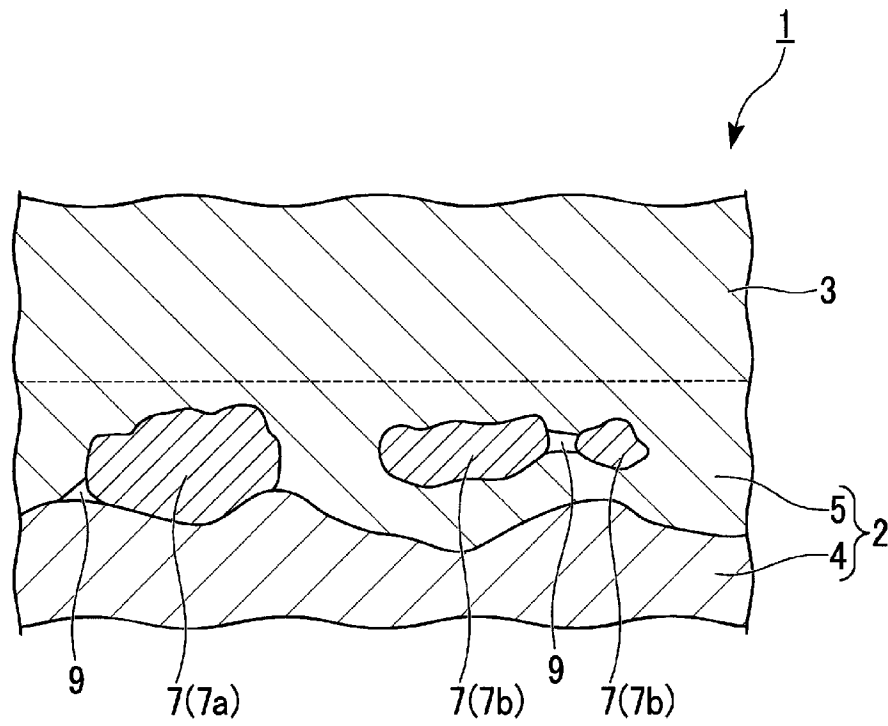
[図1]



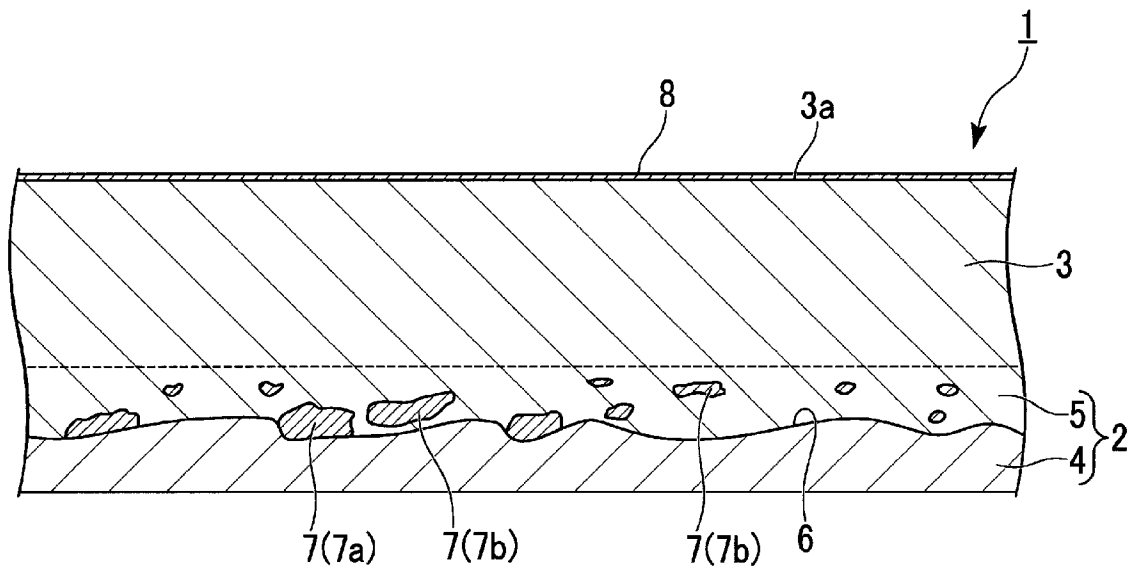
[図2]



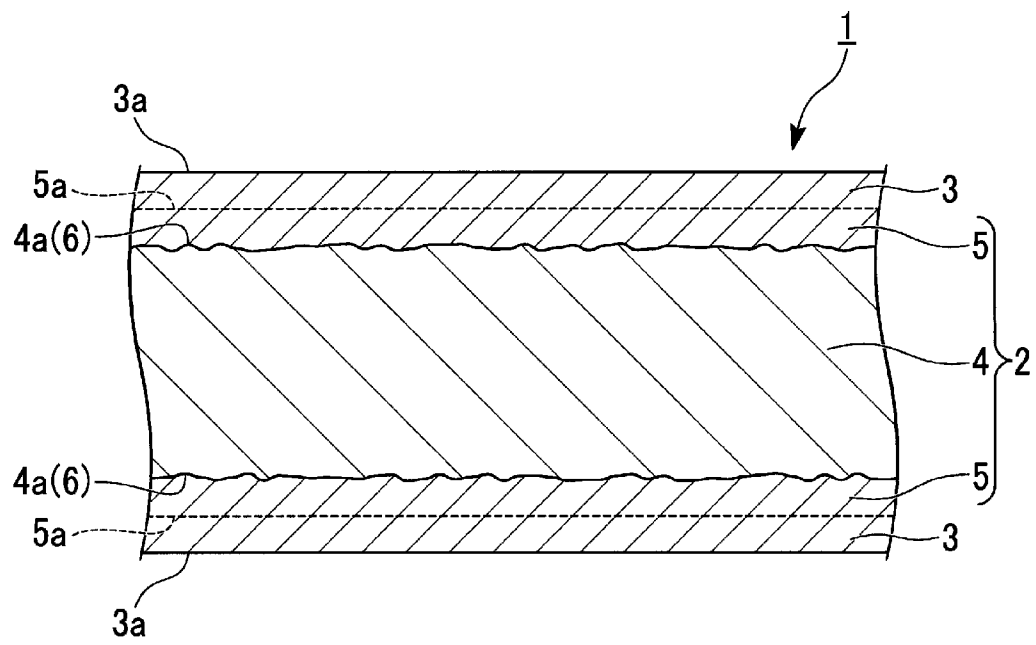
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B15/01(2006.01)i, B21B1/22(2006.01)i, C22C21/00(2006.01)i, C23C2/12(2006.01)i, H01L31/04(2014.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/02(2006.01)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)

B32B1/00-43/00, C23C2/00-2/40, B21B1/00-11/00, 47/00-99/00, C22C21/00, H01L31/04-31/078, 51/42-51/56, H05B33/00-33/28

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 57-032357 A (Nisshin Steel Co., Ltd.), 22 February 1982 (22.02.1982), claim 1; page 3, lower left column to page 4, lower left column; fig. 2 (Family: none)	1-15
A	WO 2012/067143 A1 (Nippon Steel Materials Co., Ltd.), 24 May 2012 (24.05.2012), paragraphs [0019] to [0021], [0035]; claims 1, 6, 8 to 9 & CN 103249857 A	1-15

☒ 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
21 May, 2014 (21.05.14)

Date of mailing of the international search report
03 June, 2014 (03.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054856

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 02-030526 A (Nippon Steel Corp.), 31 January 1990 (31.01.1990), claim 1; page 4, upper left column to upper right column; page 6, lower right column (Family: none)	1-15
A	JP 58-083457 U (Nisshin Steel Co., Ltd.), 06 June 1983 (06.06.1983), claims; drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B32B15/01(2006.01)i, B21B1/22(2006.01)i, C22C21/00(2006.01)i, C23C2/12(2006.01)i,
H01L31/04(2014.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/02(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（I P C））

Int.Cl. B32B1/00-43/00, C23C2/00-2/40, B21B1/00-11/00, 47/00-99/00, C22C21/00, H01L31/04-31/078, 51/42-51/56,
H05B33/00-33/28

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 57-032357 A（日新製鋼株式会社）1982.02.22, 特許請求の範囲 第1項, 第3頁左下欄－第4頁左下欄, 第2図（ファミリーなし）	1-15
A	WO 2012/067143 A1（新日鉄マテリアルズ株式会社）2012.05.24, [O O 1 9]－[O O 2 1], [O O 3 5], [請求項1], [請求項6], [請求項8]－[請求項9] & CN 103249857 A	1-15

☒ 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

2 1 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

宮崎 大輔

4 S

4 6 7 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 4

C (続き) . 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
A	JP 02-030526 A (新日本製鐵株式会社) 1990.01.31, 特許請求の範囲第1項, 第4頁左上欄－右上欄, 第6頁右下欄 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 58-083457 U (日新製鋼株式会社) 1983.06.06, 実用新案登録請求の範囲, 図面 (ファミリーなし)	1-15