

(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
2024年12月26日(26.12.2024)



(10) 国際公開番号

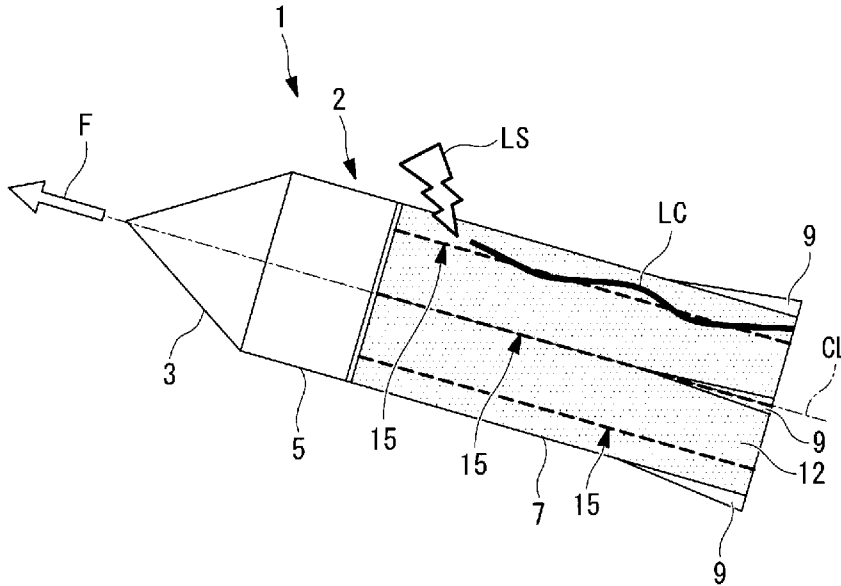
WO 2024/262159 A1

- (51) 国際特許分類:
B64G 1/52 (2006.01) B64G 1/00 (2006.01)
B64D 45/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/015988
- (22) 国際出願日: 2024年4月24日(24.04.2024)
- (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 2023-102030 2023年6月21日(21.06.2023) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山越 英男 (YAMAKOSHI, Hideo); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 熊▲崎▼ 浩志 (KUMAZAKI, Hiroshi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 武藤 修平 (MUTO, Shuhei); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 森下 真一 (MORISHITA, Shinichi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 谷 寛之 (TANI, Hiroyuki); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 小澤 雄途 (OZAWA, Yuto); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄三丁目18番1号 ナディアパーク ビジネスセンタービル 中菱エンジニアリング株式会社内

(54) Title: LIGHTNING-RESISTANT STRUCTURE FOR ROCKET, AND ROCKET PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: ロケットの耐雷構造及びこれを備えたロケット

[図1]



(57) Abstract: Provided is a lightning-resistant structure for a rocket, the structure being capable of effectively dissipating a lightning current generated by a lightning strike. A lightning-resistant structure for a rocket (1) comprises a first layer that constitutes a rear body part (7) of the rocket (1) and that is made of CFRP, a second layer (12) that is provided so as to cover the outer surface of the first layer and is made of a dielectric, and SDSs (15) that are provided to the outer surface of the second layer (12). The SDSs (15) each have a linear shape extending in the longitudinal direction of the rear body part (7), and a plurality of SDSs (15) are provided at prescribed intervals in the circumferential direction of the rear body part (7).

[続葉有]



Aichi (JP). 川村 啓介(KAWAMURA, Keisuke);
〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3
号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 藤 田 考 晴 (FUJITA, Takaharu);
〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみ
らい 2 - 2 - 1 横浜ランドマークタ
ワー 3 7 F Kanagawa (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 被雷して発生した雷電流を効果的に散逸させることができるロケットの耐雷構造を提供する。ロケット (1) の耐雷構造は、ロケット (1) の後胴部 (7) を構成するとともにCFRPとされた第1層と、第1層の外表面を覆うように設けられ、誘電体とされた第2層 (12) と、第2層 (12) の外表面に設けられたSDS (15) と、を備え、SDS (15) は、後胴部 (7) の長手方向に延在する線状とされ、後胴部 (7) の周方向に所定間隔をおいて複数設けられている。

明 細 書

発明の名称： ロケットの耐雷構造及びこれを備えたロケット

技術分野

[0001] 本開示は、ロケットの耐雷構造及びこれを備えたロケットに関するものである。ここでロケットとは、液体または固体ロケットエンジンを推進装置とする飛行体と意味する。

背景技術

[0002] 雷によって機体に雷撃を受ける場合がある。機体が金属の場合、導電性を有するため特別な耐雷構造は不要である。これに対して、機体がC F R P (Carbon Fiber Reinforced Plastics: 炭素繊維強化プラスチック) またはG F R P (Glass Fiber Reinforced Plastics: ガラス繊維強化プラスチック) 等の複合材料の場合、金属のような高い導電性を有していないため、耐雷構造が要求される。例えば航空機の場合、機体の外表面に銅またはアルミなどの金属のメッシュまたは金属フィルム（以下「金属メッシュ等」という。）を採用することで、雷電流を分散あるいは電流の影響を受けにくい金属部材等へ導電させ、金属メッシュ等の下に配置された複合材料を保護することが提案されている（例えば特許文献1及び2）。

[0003] また、航空機の耐雷構造としてダイバーターストリップが用いられることがある。ダイバーターストリップには、通常の金属棒のタイプと、セグメンテッド・ダイバーター・ストリップ(Segmented Diverter Strip)がある（特許文献3及び4）。しかし、ダイバーターストリップは電気絶縁物の構造に対してしか機能しない。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2022-165281号公報

特許文献2：特開2009-227166号公報

特許文献3：米国特許第4506311号明細書

特許文献4：米国特許第4 7 9 6 1 5 3号明細書

非特許文献

- [0005] 非特許文献1：Franklin A. Fisher and J. Anderson Plumer, DOT/FAA/TC-22/11, Published by Federal Aviation Administration, U. S . Department of Transportation, Nov. 2022, “Lightning Protection of Aircraft Handbook”

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかし、ロケットは、航空機とは異なる機体構造を有しており、耐雷構造として航空機とは異なる検討が必要である。例えば、機体構造の主たる材料としてGFRPよりも軽く強度が大きいCFRPとした場合、CFRPは導電性を有するため耐雷構造として金属メッシュ等を用いたとしても、金属メッシュ等が被雷により破損、雷電流により溶融蒸発あるいは高温になって、継続する雷電流によりCFRPにダメージを与える恐れがある。特にロケットへの適用では、耐熱塗装の損傷が発生する恐れがある。また、ロケットの速度が増加し、空力加熱によって金属メッシュ等が高温になって行くと、ある時点で接着層の接着力が低下したり、金属メッシュ等が溶融して剥がれ落ちることが考えられる。そして、その際にうまく剥がれずに、機体の外面に損傷や溶融が発生させたり、剥離部が機体の後方部に衝突し許容できない損傷を起こす恐れがある。
- [0007] また、セグメンテッド・ダイバーター・ストリップを用いる場合には、導電性を有するCFRP上に取り付けたとしても、ダイバーターストリップのギャップ間に発生する電界が不十分で、プラズマが発生せず、雷電流を流すプラズマチャネルが発生しないおそれがある。
- [0008] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、被雷して発生した雷電流を効果的に散逸させることができるロケットの耐雷構造及びこれを備えたロケットを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様に係るロケットの耐雷構造は、ロケットの胴部を構成するとともにCFRPとされた第1層と、前記第1層の外表面を覆うように設けられ、誘電体とされた第2層と、前記第2層の外表面に設けられ、導電体とされた導電層と、を備え、前記導電層は、前記胴部の長手方向に延在する線状とされ、前記胴部の周方向に所定間隔をおいて複数設けられている。

[0010] 本開示の一態様に係るロケットは、上記のロケットの耐雷構造を備えている。

発明の効果

[0011] 被雷して発生した雷電流を効果的に導電させることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の第1実施形態に係るロケットを示した側面図である。

[図2]図1のロケットの部分拡大横断面図である。

[図3]本開示の第2実施形態に係るロケットを示した側面図である。

[図4]本開示の第3実施形態に係るロケットを示した側面図である。

[図5]本開示の第4実施形態に係るロケットを示した側面図である。

[図6]図5の変形例を示した側面図である。

[図7]本開示の第5実施形態に係るロケットの部分拡大横断面図である。

[図8]図7のロケットを示した側面図である。

[図9]SDSの間隔を示した部分拡大横断面図である。

[図10]図7の変形例を示した部分拡大横断面図である。

[図11]本開示の第6実施形態に係るロケットを示した側面図である。

[図12]図11のロケットの部分拡大横断面図である。

[図13]図12の変形例を示した部分拡大横断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

[第1実施形態]

以下、本開示の第1実施形態について説明する。

図1には本実施形態に係る耐雷構造を備えたロケット1が示されている。

ロケット1の機体2は、主としてCFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastics：炭素繊維強化プラスチック）で構成されている。

[0014] ロケット1の機体2は、前方すなわち進行方向F側から順に、先端部3と、前胴部（胴部）5と、後胴部7とを備えている。先端部3は、中心軸線CLを有し先細とされた円錐形とされている。前胴部5は、共通の中心軸線CLを有し円筒形とされている。後胴部7は、共通の中心軸線CLを有し円筒形とされている。後胴部7の中心軸線CL方向すなわち長手方向の寸法は、前胴部5よりも大きい。後胴部7の後端には、複数の（例えば4つの）尾翼9が取り付けられている。図示していないが、前胴部5および後胴部7にはロケットエンジン（推進装置）、切り離し装置、通信装置、操舵装置や姿勢制御装置が設けられている。

[0015] 後胴部7は、耐雷構造が施されている。具体的には、図2に示すように、CFRPで構成された第1層11と、第1層11の外表面を覆うように設けられた第2層12とを備えている。

[0016] 第1層11は、後胴部7の主たる形状を構成し、円筒形とされている。第1層11を構成するCFRPによって機体の所定の強度を負担させる。

[0017] 第2層12は、第1層11の全周を覆うように形成され、円筒形とされている。第2層12は、誘電体で構成されており、例えば樹脂系の塗装（耐熱塗装など）が用いられる。塗装に代えて、空気などの気体を多く含む多孔質で軽量の熱的絶縁物（コルクなど）を用いることもできる。第2層12の厚さは、例えば、数mm程度とされ、2.5mm以上、好ましくは3mm以上とされる。

[0018] 第2層12の外表面には、セグメンテッド・ダイバーター・ストリップ（Segmented Diverter Strip：以下「SDS」という。）15が設けられている。SDS15は、電気絶縁体とされた絶縁テープ16上に複数の金属板（金属片）17が固定された構造とされている。金属板17は、例えば金メッ

キされた銅の薄片が用いられる。絶縁テープ 16 としては、例えばポリイミドテープが用いられる。絶縁テープ 16 は、第 2 層 12 に対して接着剤 18 を用いて固定させる。接着剤 18 としては、例えば 260℃程度の耐熱性を有するものが選定される。

[0019] SDS 15 の複数の金属板（金属片） 17 は、互いに所定の微小な間隔（ギャップ）をおいて、SDS 15 の進行方向前端部から後端部まで線状に並べられている。SDS 15 は、図 1 に示すように、後胴部 7 の長手方向（中心軸線 CL 方向）に平行に直線状に設けられている。SDS 15 は、後胴部 7 の周方向に所定の間隔（スペース）をおいて複数設けられている。

[0020] 上記構成のロケット 1 の耐雷構造は以下のように機能する。なお、飛行体への被雷の原理は上記の非特許文献 1 の 3.4 Aircraft Lightning Strike Mechanisms に詳述されており、以下はその理論にもとづき記載している。

[0021] ロケット 1 の後胴部 7 の CFRP を主構造とする部分への被雷シナリオには大きく分けて 2 つが考えられる。それは、（１）第 1 帰還雷撃（First Return Stroke）が着雷するケースと、（２）掃引雷撃（Swept Stroke）が着雷するケースである。

[0022] どちらの場合も、ロケット 1 が雷雲と地表面、雷雲と雷雲、あるいは、雷雲の内部に入り、ロケット 1 の周囲に強い電界が生じると、ロケットの先端部や後端部の電界が集中する部位から前駆放電（Stepped Leader）が発生し、電界の方向に沿って進展していく。この時、前駆放電の大気中の位置はほとんど動かないため、ロケット 1 の飛行による機体の移動により、ロケット 1 の先端 1a 付近で発生した前駆放電の位置はロケット 1 の後方に相対的に移動していく。一方、ロケット 1 の後端部付近で発生した前駆放電は同じ部位に接続し続ける（Hang on）。雲の方向に延びていった前駆放電が雷雲からの前駆放電と結合（Junction）し、反対方向に延びていった前駆放電が反対側の雲または地表面からの前駆放電と結合すると、回路が繋がることで第 1 帰還雷撃 LS が発生する。

[0023] 一方、この過程と同時並行的に、SDS 15 の複数の金属板 17 の間に設

けられた微小な間隔（ギャップ）の絶縁テープ 16 上に電界が発生するので、ある時点で絶縁破壊（沿面放電）が発生する。この SDS 15 すべてのギャップに絶縁破壊が生じると、SDS 15 は導電状態となる。この際に導電性を有する第 1 層 11 は SDS 15 から第 2 層 12 によって離隔されているため、各金属板 17 間のギャップに電界強度が発生することへの影響を抑えることができる。

[0024] 上記（１）の場合、前駆放電が後胴部 7 に到達すると、直接第 1 帰還雷撃が導電状態の SDS 15 に雷撃 LS を起こすか、前駆放電に向けて外表面上を沿面放電が導電状態の SDS 15 から第 2 層 12 に発生して結合することにより雷撃 LS を起こし、それにより雷電流 LC の経路が SDS 15 上に形成される。具体的には、SDS 15 の各金属板 17 間に十分な電圧が発生し、ギャップだけでなく金属板 17 上にも絶縁破壊が生じ、SDS 15 上の周辺の大気中にプラズマチャネルが形成されて雷電流が流れる。このようにして SDS 15 によって導かれた雷電流はロケット 1 の後部側へ導電されて反対側の前駆放電の経路を通じて反対側の雲や地表面に放電される。

[0025] 上記（２）の場合、掃引雷撃（Swept Stroke）が後胴部 7 に到達すると、掃引雷撃による雷撃 LS から導通状態の SDS 15 に向けて沿面放電が発生し、上記（１）と同様に雷撃 LS を起こし雷電流 LC が形成される。さらにそれ以降も上記（１）と同様のメカニズムで雷電流 LC が放電される。なお、図 1 において雷電流 LC の線は SDS 15 の上部に複数の曲部を設けて描画しているが、実際には SDS 15 の上部をある程度の太さでほぼ直線的な経路で導電すると考えられる。これは以下の実施形態でも同様である。

[0026] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

ロケット 1 の後胴部 7 として CFRP を用いた第 1 層 11 で構成することによって軽量化することができる。第 1 層 11 の CFRP は導電性を有するが、第 1 層 11 の外表面を覆うように誘電体とされた第 2 層 12 を設けることとした。そして、第 2 層 12 の外表面に SDS 15 を設けることで被雷して発生した雷電流を集電することができる。SDS 15 は後胴部 7 の長手方

向に延在する線状とされて後胴部 7 の周方向に所定間隔をおいて複数設けられているので、効果的に雷電流を集電し、導電させることができる。

S D S 1 5 を用いることで、有効に雷電流を導電させることができる。誘電体とされた第 2 層 1 2 が C F R P とされた第 1 層 1 1 との間に設けられているので、各金属板 1 7 間のギャップに十分な電界強度が発生し、絶縁破壊が生じ、S D S の機能を有効に発揮できる。S D S 1 5 が大気中に発生させる絶縁破壊経路を雷撃 L S の大電流の雷電流 L C の経路とすることで、第 1 層 1 1 の導電層や第 2 層 1 2 の誘電体を損傷させることなく雷撃 L S を受け、雷電流 L C を導電することができる。

[0027] [第 2 実施形態]

次に、本開示の第 2 実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して S D S 1 5 の配置が異なり、その他については同様である。したがって、第 1 実施形態と共通する構成については同一符号を付しその説明を省略する。

[0028] 図 3 に示すように、S D S 1 5 が螺旋形状となるように設けられている。具体的には、S D S 1 5 は、後胴部 7 の長手方向に平行な長手軸線 L 1 に対して所定の斜め角度 α を有して配置されている。この斜め角度 α は、後胴部 7 の長手方向にわたって一定とされている。

[0029] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

雷撃 L S は、掃引雷撃 (swept stroke) S S の形式でロケット 1 の機体の複数位置に到達する。雷撃 L S の発生位置に対してロケット 1 が高速で進行するので、掃引雷撃 S S の到達位置はロケット 1 が進行する方向に対し後方、すなわち機体の長手方向に沿って複数個所に到達すると考えられる。そこで、S D S 1 5 を後胴部 7 の長手方向に平行な長手軸線 L 1 に対して所定の斜め角度 α を有して配置することとした。これにより、S D S 1 5 は螺旋形状に配置され、掃引雷撃 S S の到達位置に S D S 1 5 が位置する確率を高めることとした。これにより、隣り合う S D S 1 5 の間隔を広げることができる。

[0030] [第3実施形態]

次に、本開示の第3実施形態について説明する。本実施形態は、第2実施形態に対してSDS15の配置が異なり、その他については同様である。したがって、第1実施形態及び第2実施形態と共通する構成については同一符号を付しその説明を省略する。

[0031] 第2実施形態ではSDS15の斜め角度 α が後胴部7の長手方向に一定であるとしたが、本実施形態では、斜め角度を後胴部7の長手方向において変化するようにした。図4に示すように、後胴部7の後側（同図において右側）の斜め角度 α_2 を、前側の斜め角度 α_1 よりも大きくした（ $\alpha_1 < \alpha_2$ ）。すなわち、後胴部7の後側に行くに従い斜め角度を漸次増大するようにした。

[0032] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

ロケット1が中心軸線CL回りに回転して進行する場合、SDS15の斜め角度とロケット1の回転角度とが一致すると、掃引雷撃SSの到達位置にSDS15が位置しない場合が生じうる。そこで、SDS15の斜め角度を長手方向で変化させることで、掃引雷撃SSの到達位置にSDS15が位置する確率を高めることができる。

なお、図4に示した実施形態では斜め角度が後胴部7の後側に行くに従い漸次増大するようにしたが、これに限定されるものではなく、漸次減少するようにしても良いし、SDS15が折れ線状となるように不連続に変化させても良い。

[0033] [第4実施形態]

次に、本開示の第4実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して構成を付加した点で相違し、その他については同様である。したがって、第1実施形態と共通する構成については同一符号を付しその説明を省略する。

[0034] 図5に示すように、SDS15とロケット1の先端1aとの間に、誘引用SDS（着雷誘引部）20が設けられている。誘引用SDS20は、SDS

15への着雷を誘引する。誘引用SDS20は、各SDS15に対応して、前胴部5に設けられている。なお、誘引用SDS20は、先端部3にまで設けられていても良い。この場合、前胴部5（及び先端部3）の横断面形状は、第1実施形態で説明したように図2のような構成とされている。

誘引用SDS20の後端は、SDS15の前端に接続され、誘引用SDS20の前端はロケット1の先端1aの方向を向いている。

[0035] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

前駆放電（Stepped Leader）は、ロケット1の先端1a付近に発生しやすい。そして、前駆放電に続いて生じる第1帰還雷撃（First Return Stroke）及び掃引雷撃（Swept Stroke）を誘引用SDS20によって誘引することとした。これにより、その後に引き続き起きる掃引雷撃SSが後方のSDS15に高い確率で到達させることができる。

[0036] なお、図6に示すように、着雷誘引部として、誘引用SDS20に代えて金属製のフィン22を設けても良い。この場合、前胴部5及び先端部3は金属製とされていても良い。また、フィン形状ではなくウィング形状としても良い。

[0037] [第5実施形態]

次に、本開示の第5実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して第2層を異なる構成とした点で相違し、その他については同様である。したがって、第1実施形態と共通する構成については同一符号を付しその説明を省略する。

[0038] 図7に示すように、本実施形態の第2層12Aの絶縁破壊電圧は、第1層11の絶縁破壊電圧よりも高い。絶縁破壊電圧が高い材料としては、具体的には、テフロン（登録商標）、ポリイミド、メタアラミド繊維、GFRP（Glass Fiber Reinforced Plastic：ガラス繊維強化プラスチック）などを用いることができる。

[0039] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

図8に示すように、SDS15に着雷せずにSDS15の間の第2層12

Aに着雷した場合であっても、第2層12Aの絶縁破壊電圧が高いので、第2層12Aが絶縁破壊することなく、SDS15に向けて沿面放電が発生し、SDS15に雷電流が導かれる。このとき、第2層12Aの沿面放電の発生部分、および、SDS15の雷電流導電部分に大きな損傷は発生しない。

[0040] 図9に示すように、SDS15の周方向の間隔Sは、電気絶縁物である第2層12Aの絶縁破壊電圧と沿面放電電圧との関係で決定する。具体的には、沿面放電電圧<絶縁破壊電圧となるように決定する。このとき、沿面放電距離は $1/2$ となるように間隔Sを設定する。

[0041] なお、図10に示すように、第1実施形態で説明した第2層12の下方に本実施形態の絶縁破壊電圧が高い第2層12Aを設けるようにしても良い。

[0042] [第6実施形態]

次に、本開示の第6実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対してSDS15を用いない点及び第2層を異なる構成とした点で相違し、その他については同様である。したがって、第1実施形態と共通する構成については同一符号を付しその説明を省略する。

[0043] 図11に示すように、本実施形態の第2層12Aの絶縁破壊電圧は、第1層11の絶縁破壊電圧よりも高い。絶縁破壊電圧が高い材料としては、具体的には、テフロン（登録商標）、ポリイミド、メタアラミド繊維、GFRP（Glass Fiber Reinforced Plastic：ガラス繊維強化プラスチック）などを用いることができる。

第1実施形態のSDS15および金属板17に代えて、金属メッシュ24が絶縁テープ16上に設けられている。なお、金属メッシュに代えて、金属フィルム又は金属棒としても良い。

[0044] 以上説明した本実施形態の作用効果は以下の通りである。

導電層として金属メッシュ24を採用することで、簡便に耐雷構造を構成することができる。また、これらの導電層とすることで、ロケット内部への電磁界の浸透を低減し、内部電気回路への雷ノイズ（Lightning Indirect Effect：間接雷効果）を低減することもできる。

図 1 1 に示すように金属メッシュ 2 4 に着雷せずに金属メッシュ 2 4 の間の第 2 層 1 2 A に着雷した場合であっても、第 2 層 1 2 A の絶縁破壊電圧が高いので、第 2 層 1 2 A が絶縁破壊することなく、金属メッシュ 2 4 に向けて沿面放電が発生し、金属メッシュ 2 4 に雷電流が導かれる。このとき、第 2 層 1 2 A の沿面放電の発生部分に大きな損傷は発生しない。

[0045] 図 1 2 に示すように、金属メッシュ 2 4 の周方向の間隔 S は、電気絶縁物である第 2 層 1 2 A の絶縁破壊電圧と沿面放電電圧との関係で決定する。具体的には、沿面放電電圧 < 絶縁破壊電圧となるように決定する。このとき、沿面放電距離は $1/2$ となるように間隔 S を設定する。

[0046] なお、図 1 3 に示すように、第 1 実施形態で説明した第 2 層 1 2 の下方に本実施形態の絶縁破壊電圧が高い第 2 層 1 2 A を設けるようにしても良い。

[0047] 以上説明した各実施形態に記載のロケットの耐雷構造及びこれを備えたロケットは、例えば以下のように把握される。

[0048] 本開示の第 1 態様に係るロケット (1) の耐雷構造は、ロケットの胴部 (7) を構成するとともに C F R P とされた第 1 層 (1 1) と、前記第 1 層の外表面を覆うように設けられ、誘電体とされた第 2 層 (1 2) と、前記第 2 層の外表面に設けられ、導電体とされた導電層 (1 5) と、を備え、前記導電層は、前記胴部の長手方向に延在する線状とされ、前記胴部の周方向に所定間隔をおいて複数設けられている。

[0049] ロケットの胴部として C F R P (Carbon Fiber Reinforced Plastics : 炭素繊維強化プラスチック) を用いた第 1 層で構成することによって軽量化することができる。第 1 層の C F R P は導電性を有するが、第 1 層の外表面を覆うように誘電体とされた第 2 層を設けることとした。これにより、第 1 層を第 2 層で電気絶縁して保護することができる。そして、第 2 層の外表面に導電層を設けることで被雷して発生した雷電流を導電層に集電することができる。導電層は胴部の長手方向に延在する線状とされて胴部の周方向に所定間隔をおいて複数設けられているので、効果的に雷電流を集電し、導電させることができる。

なお、線状とは、導電層が仮想の線に沿って配置されていることを意味し、一連とされた線状だけでなく、セグメンテッド・ダイバーター・ストリップのように微小の間隔（ギャップ）を空けて複数の導電層（金属片）が線状に並べられていることも含む。

また、ロケットとは、液体または固体ロケットエンジンを推進装置とする飛行体と意味する。

[0050] 本開示の第2態様に係るロケットの耐雷構造は、前記第1態様において、前記導電層は、金属片が所定間隔をおいて線状に並べられたセグメンテッド・ダイバーター・ストリップ（15）とされている。

[0051] 導電層として金属片が所定間隔をおいて線状に並べられたセグメンテッド・ダイバーター・ストリップ（Segmented Diverter Strip：SDS）を用いることで、有効に雷電流を導電させることができる。誘電体とされた第2層がCFRPとされた第1層との間に設けられているので、各金属片間のギャップに十分な電界強度が発生し、絶縁破壊が生じ、SDSの機能を有効に発揮できる。SDSが機能すると、雷電流は大気中のプラズマ経路を導電し反対側の前駆放電経路から放電されるので、第1層のCFRPと第2層の誘電体を損傷させることがない。

誘電体とされた第2層は、例えば、樹脂系の塗装が用いられ、または、空気などの気体を多く含む多孔質で軽量の熱的絶縁物（コルクなど）を用いることができる。さらには、ロケットで空力加熱対策として必要となる耐熱塗料や耐熱物を用いて2つの機能を持たせることもできる。

誘電体とされた第2層の厚さは、例えば、数mm程度とされ、2.5mm以上、好ましくは3mm以上とされる。

[0052] 本開示の第3態様に係るロケットの耐雷構造は、前記第2態様において、前記セグメンテッド・ダイバーター・ストリップは、前記胴部の長手方向に平行な長手軸線に対して所定の斜め角度を有して配置されている。

[0053] 雷撃は、掃引雷撃（swept stroke）の形式でロケットの胴部の複数位置に到達する。掃引雷撃に対してロケットが高速で進行するので、掃引雷撃の到

達位置はロケットが進行する方向すなわち胴部の長手方向に沿って到達する
と考えられる。そこで、S D Sを胴部の長手方向に平行な長手軸線に対して
所定の斜め角度を有して配置することとした。これにより、S D Sは螺旋形
状に配置され、掃引雷撃の到達位置にS D Sが位置する確率を高めることと
した。これにより、隣り合うS D Sの間隔を広げることができる。

[0054] 本開示の第4態様に係るロケットの耐雷構造は、前記第3態様において、
前記斜め角度は、前記胴部の長手方向において変化する。

[0055] S D Sの斜め角度を胴部の長手方向において変化させるようにした。すな
わち、S D Sを一定の斜め角度とされた螺旋形状とするのではなく、長手方
向で斜め角度が変化した螺旋形状となるようにした。例えば、ロケットが中
心軸線回りに回転して進行する場合、S D Sの斜め角度とロケットの回転角
度とが一致すると、掃引雷撃の到達位置にS D Sが位置しない場合が生じう
る。そこで、S D Sの斜め角度を長手方向で変化させることで、掃引雷撃の
到達位置にS D Sが位置する確率を高めることができる。

[0056] 本開示の第5態様に係るロケットの耐雷構造は、前記第2態様から前記第
4態様のいずれかにおいて、前記セグメンテッド・ダイバーター・ストリッ
プと前記ロケットの先端との間に設けられ、該セグメンテッド・ダイバータ
ー・ストリップへの着雷を誘引する着雷誘引部（20）が設けられている。

[0057] セグメンテッド・ダイバーター・ストリップとロケットの先端との間に着
雷誘引部を設けることとした。これにより、前駆放電（Stepped Leader）に
続いて生じる第1帰還雷撃（First Return Stroke）及び掃引雷撃（Swept
Stroke）を誘引できるので、その後に引き続き起きる掃引雷撃が後方のS
D Sに高い確率で到達させることができる。

着雷誘引部としては、セグメンテッド・ダイバーター・ストリップを用い
ても良いし、金属製のフィンやウィングを用いても良い。

[0058] 本開示の第6態様に係るロケットの耐雷構造は、前記第1態様から前記第
5態様のいずれかにおいて、前記第2層の絶縁破壊電圧は、前記第1層の絶
縁破壊電圧よりも高い。

[0059] S D Sに着雷せずにS D Sの間の第2層に着雷した場合であっても、第2層の絶縁破壊電圧が第1層よりも高いので、第2層が絶縁破壊することなく、S D Sに向けて沿面放電が発生し、S D Sに雷電流が導かれる。このとき、第2層の沿面放電の発生部分、および、S D Sの雷電流導電部分に大きな損傷は発生しない。

絶縁破壊電圧が高い材料としては、テフロン（登録商標）、ポリイミド、メタアラミド繊維、GFRP（Glass Fiber Reinforced Plastic：ガラス繊維強化プラスチック）などを用いることができる。絶縁破壊電圧が高い材料で第2層を構成しても良いし、絶縁破壊電圧が高い材料を第2層の一部の層としても良い。

[0060] 本開示の第7態様に係るロケットの耐雷構造は、前記第1態様において、前記導電層は、金属メッシュ、金属フィルム又は金属棒とされ、前記第2層の絶縁破壊電圧は、前記第1層の絶縁破壊電圧よりも高い。

[0061] 導電層を金属メッシュ、金属フィルム又は金属棒とすることで、簡便に構成することができる。また、これらの導電層とすることで、ロケット内部への電磁界の浸透を低減し、内部電気回路への雷ノイズ（Lightning Indirect Effect：間接雷効果）を低減することもできる。

S D Sに着雷せずに導電層の間の第2層に着雷した場合であっても、第2層の絶縁破壊電圧が第1層よりも高いので、第2層が絶縁破壊することなく、導電層に向けて沿面放電が発生し、導電層に雷電流が導かれる。このとき、第2層の沿面放電の発生部分に大きな損傷は発生しない。

[0062] 本開示の第1態様に係るロケットは、前記第1態様から前記第7態様のいずれかのロケットの耐雷構造を備えている。

符号の説明

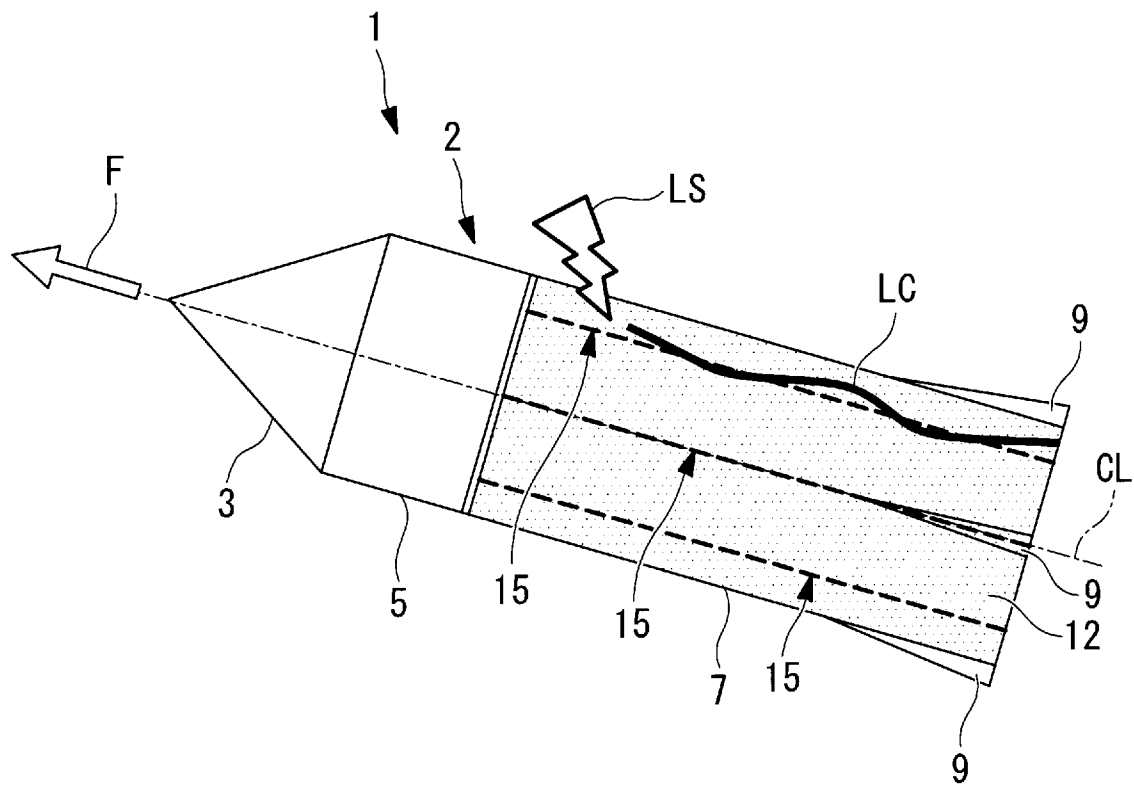
- [0063] 1 ロケット
- 1 a 先端
 - 2 機体
 - 3 先端部

- 5 前胴部
- 7 後胴部（胴部）
- 9 尾翼
- 1 1 第1層
- 1 2 第2層
- 1 5 S D S（導電層）
- 1 6 絶縁テープ
- 1 7 金属板（金属片）
- 1 8 接着剤
- 2 0 誘引用S D S
- 2 2 フィン
- 2 4 金属メッシュ（導電層）

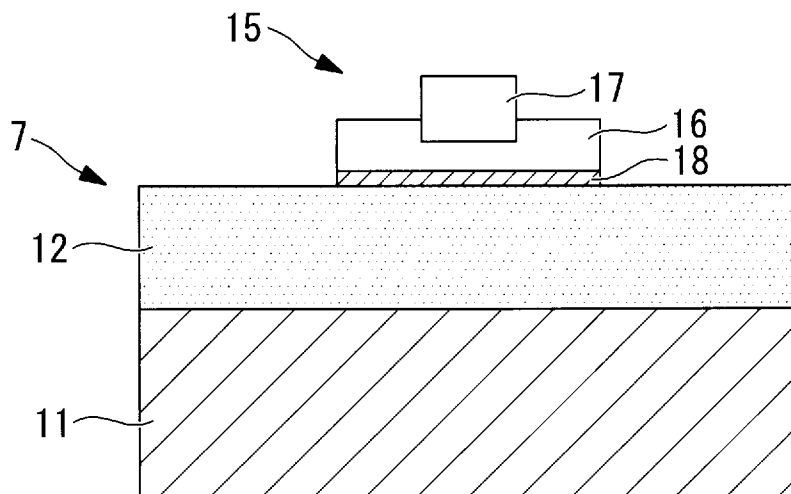
請求の範囲

- [請求項1] ロケットの胴部を構成するとともにCFRPとされた第1層と、
 前記第1層の外表面を覆うように設けられ、誘電体とされた第2層と、
 前記第2層の外表面に設けられ、導電体とされた導電層と、
 を備え、
 前記導電層は、前記胴部の長手方向に延在する線状とされ、前記胴部の周方向に所定間隔をおいて複数設けられているロケットの耐雷構造。
- [請求項2] 前記導電層は、金属片が所定間隔をおいて線状に並べられたセグメンテッド・ダイバーター・ストリップとされている請求項1に記載のロケットの耐雷構造。
- [請求項3] 前記セグメンテッド・ダイバーター・ストリップは、前記胴部の長手方向に平行な長手軸線に対して所定の斜め角度を有して配置されている請求項2に記載のロケットの耐雷構造。
- [請求項4] 前記斜め角度は、前記胴部の長手方向において変化する請求項3に記載のロケットの耐雷構造。
- [請求項5] 前記セグメンテッド・ダイバーター・ストリップと前記ロケットの先端との間に設けられ、該セグメンテッド・ダイバーター・ストリップへの着雷を誘引する着雷誘引部が設けられている請求項2又は3に記載のロケットの耐雷構造。
- [請求項6] 前記第2層の絶縁破壊電圧は、前記第1層の絶縁破壊電圧よりも高い請求項2又は3に記載のロケットの耐雷構造。
- [請求項7] 前記導電層は、金属メッシュ、金属フィルム又は金属棒とされ、
 前記第2層の絶縁破壊電圧は、前記第1層の絶縁破壊電圧よりも高い請求項1に記載のロケットの耐雷構造。
- [請求項8] 請求項1又は7に記載のロケットの耐雷構造を備えたロケット。

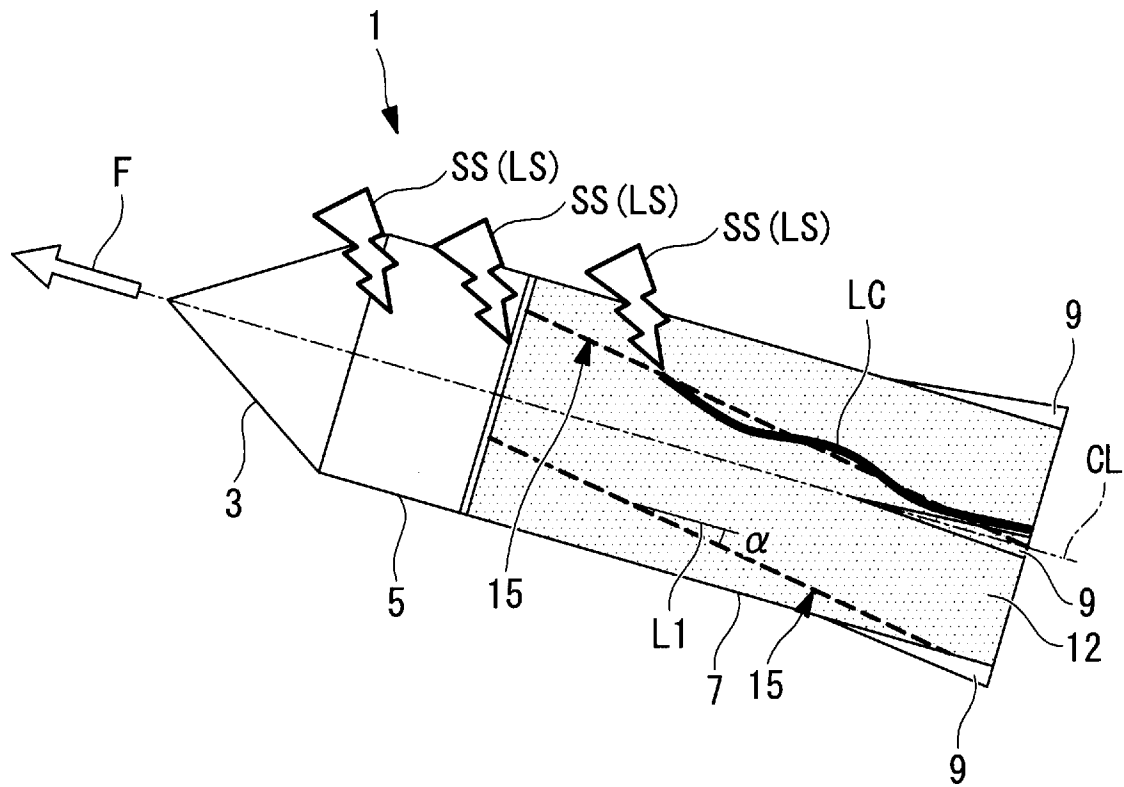
[図1]



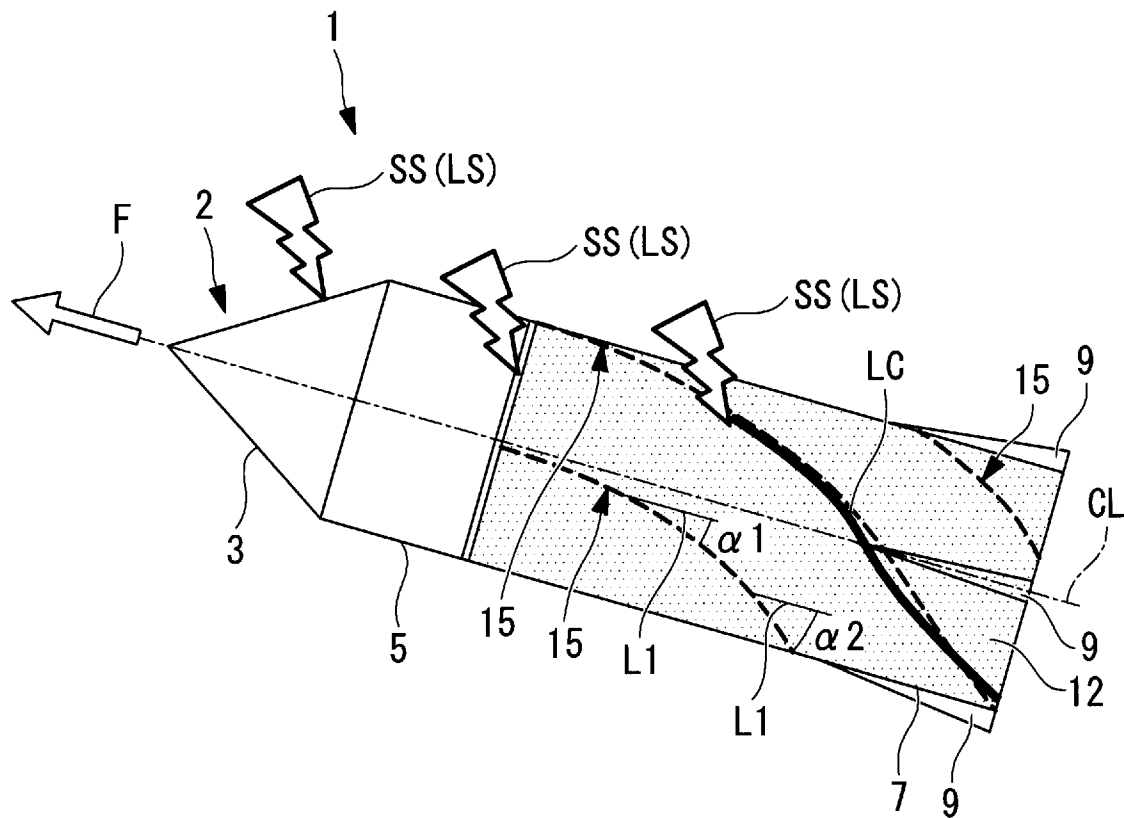
[図2]



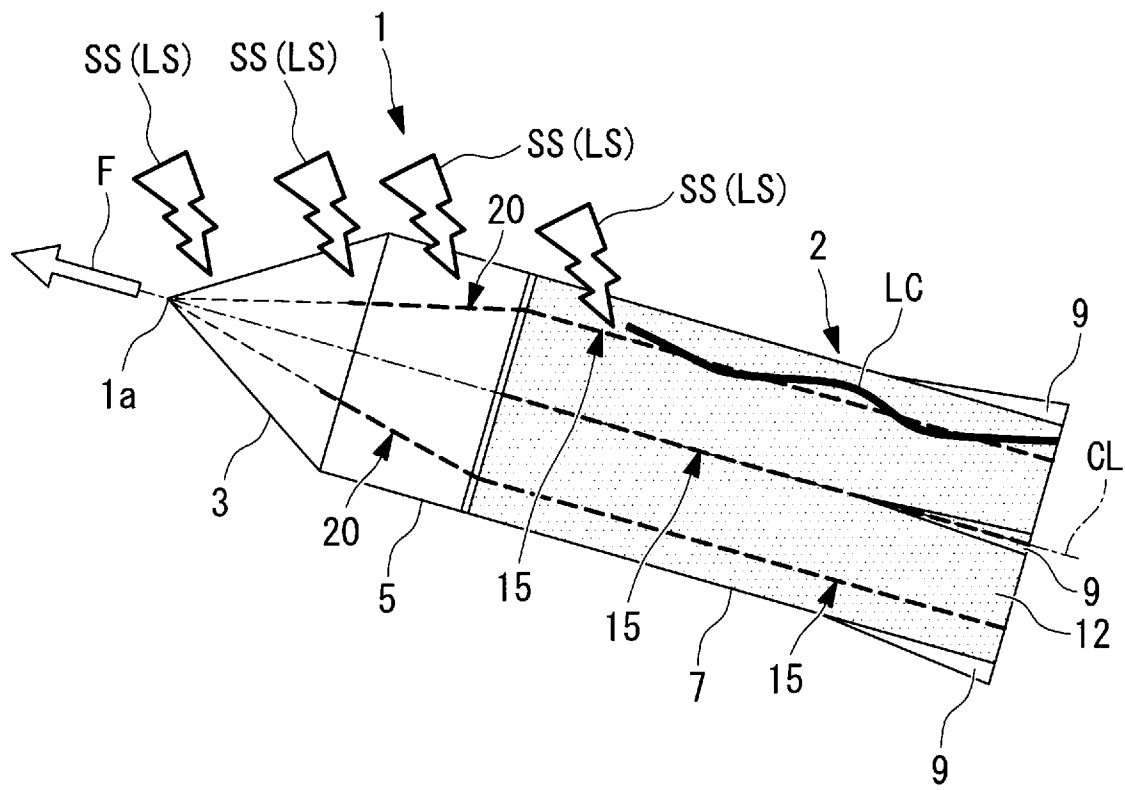
[図3]



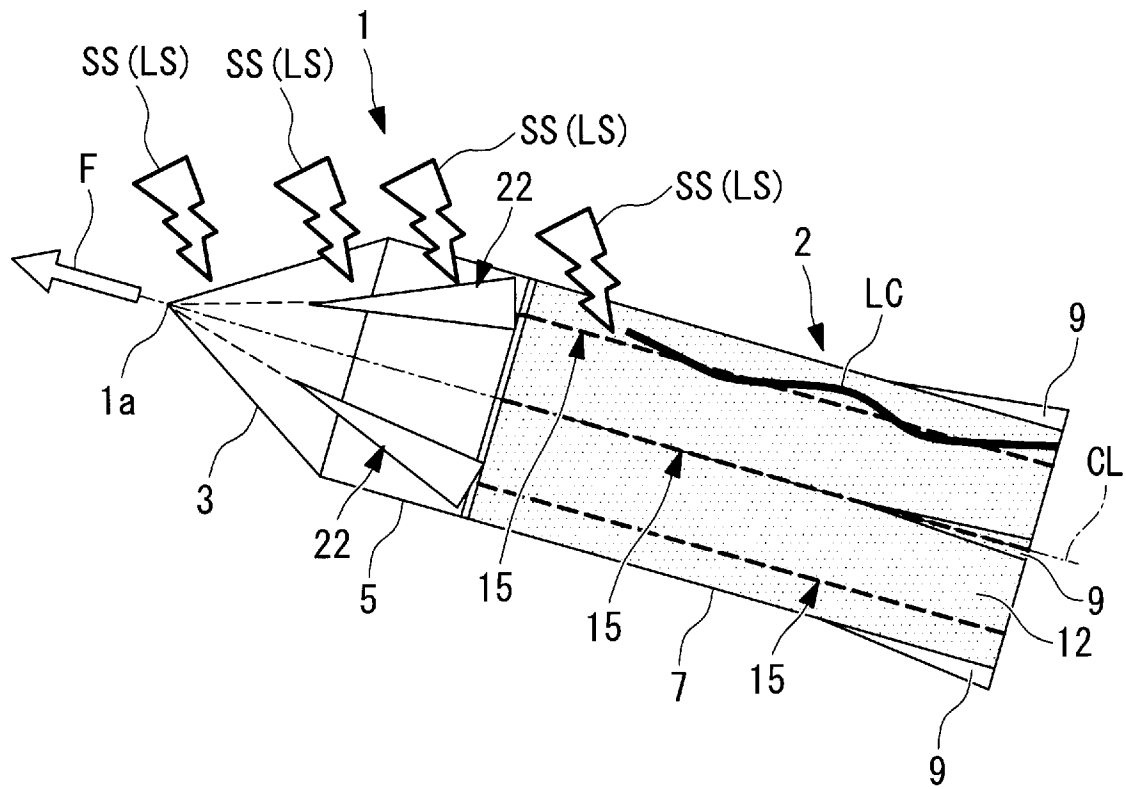
[図4]



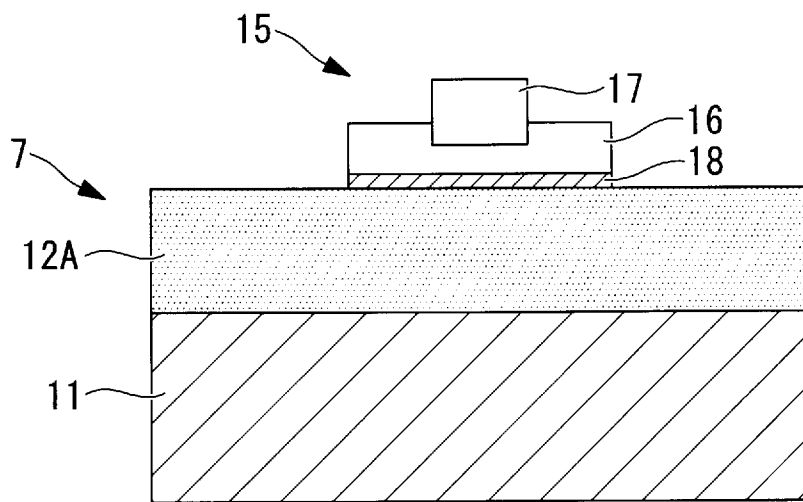
[図5]



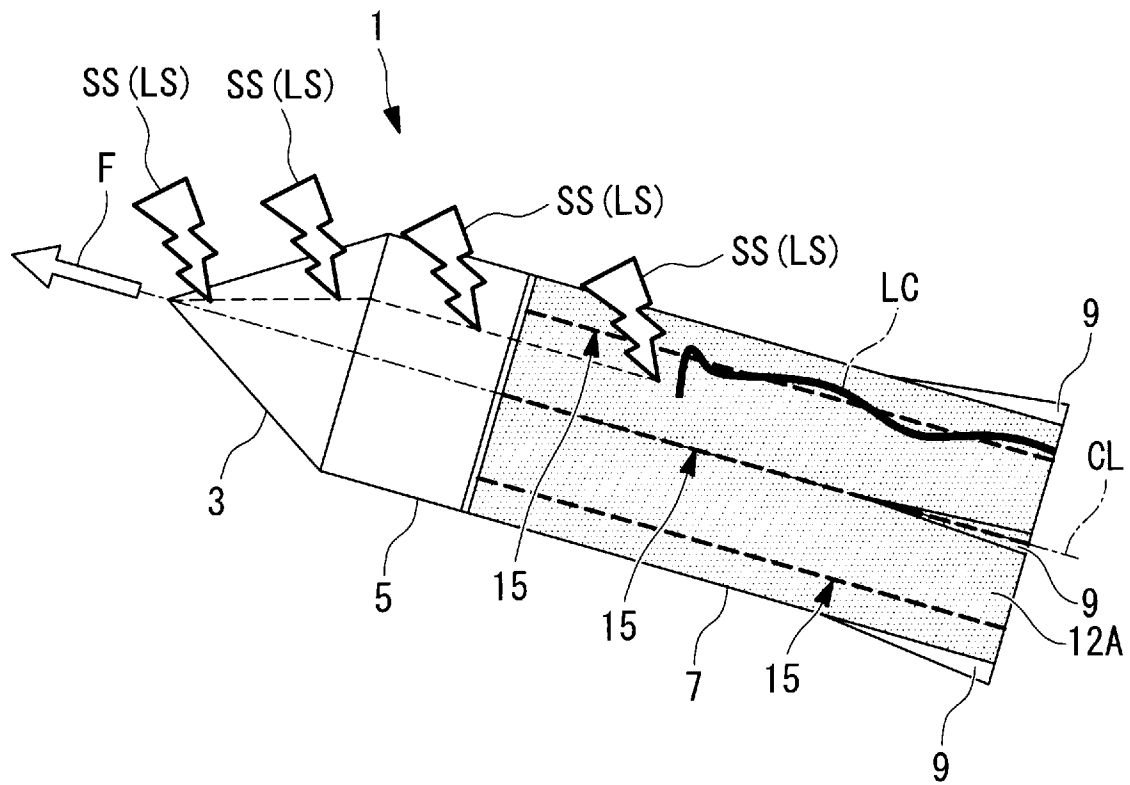
[図6]



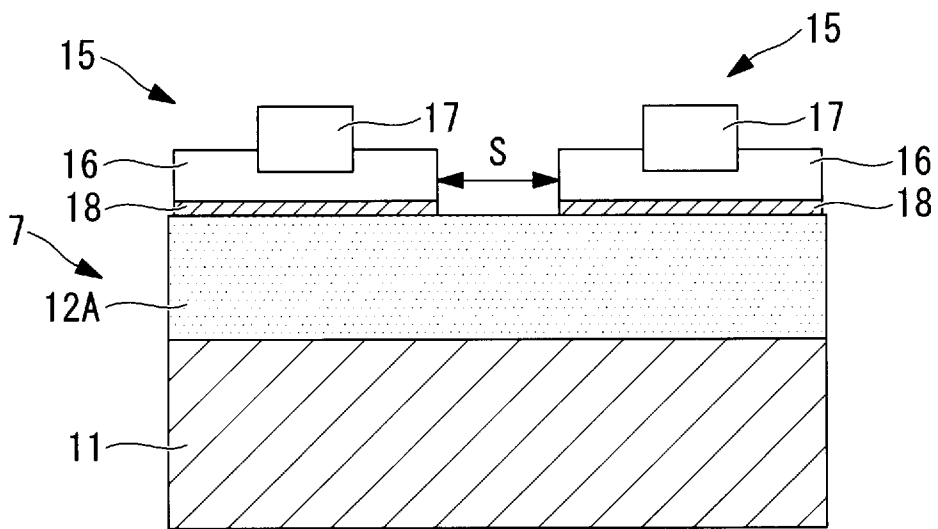
[図7]



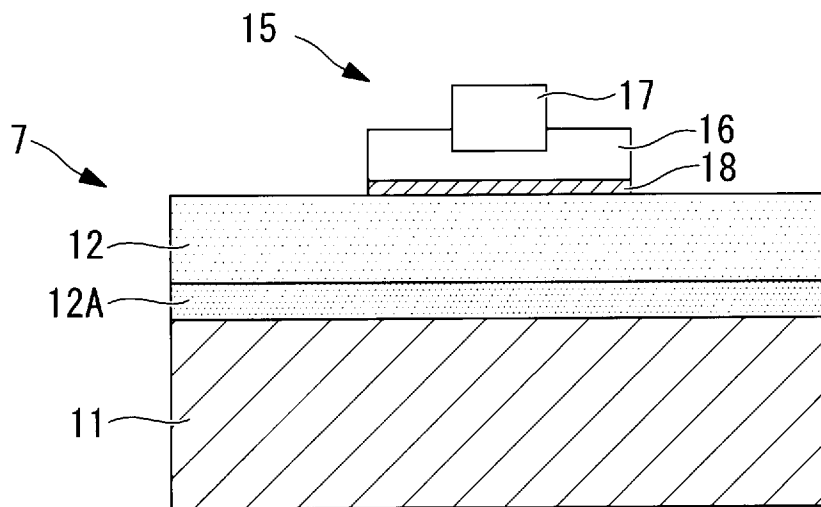
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/015988

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B64G 1/52</i> (2006.01)i; <i>B64D 45/02</i> (2006.01)i; <i>B64G 1/00</i> (2006.01)i FI: B64G1/52; B64G1/00 B; B64D45/02 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) B64G1/52; B64D45/02; B64G1/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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.
Y	JP 2012-240610 A (KANEKA CORP.) 10 December 2012 (2012-12-10) paragraphs [0034]-[0075], fig. 1	1-8
Y	US 2005/0041362 A1 (HALL, Allen L.) 24 February 2005 (2005-02-24) paragraphs [0027]-[0050], fig. 1-11	1-8
Y	JP 2006-219078 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 24 August 2006 (2006-08-24) paragraph [0003], fig. 7	7-8
A	JP 2019-209699 A (SUBARU CORP.) 12 December 2019 (2019-12-12)	1-8
A	US 4796153 A (LIGHTNING DIVERSION SYSTEMS) 03 January 1989 (1989-01-03)	1-8
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 13 June 2024		Date of mailing of the international search report 25 June 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/015988

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2012-240610	A	10 December 2012	(Family: none)	
US	2005/0041362	A1	24 February 2005	WO 2005/033715 A2	
JP	2006-219078	A	24 August 2006	(Family: none)	
JP	2019-209699	A	12 December 2019	(Family: none)	
US	4796153	A	03 January 1989	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
B64G 1/52(2006.01)i; B64D 45/02(2006.01)i; B64G 1/00(2006.01)i
FI: B64G1/52; B64G1/00 B; B64D45/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
B64G1/52; B64D45/02; B64G1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報 1922 - 1996年
日本国公開実用新案公報 1971 - 2024年
日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年
日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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
Y	JP 2012-240610 A（株式会社カネカ） 10.12.2012（2012 - 12 - 10） 段落0034-0075, 図1	1-8
Y	US 2005/0041362 A1（HALL, Allen L.） 24.02.2005（2005 - 02 - 24） 段落0027-0050, 図1-11	1-8
Y	JP 2006-219078 A（本田技研工業株式会社） 24.08.2006（2006 - 08 - 24） 段落0003, 図7	7-8
A	JP 2019-209699 A（株式会社SUBARU） 12.12.2019（2019 - 12 - 12）	1-8
A	US 4796153 A（LIGHTNING DIVERSION SYSTEMS） 03.01.1989（1989 - 01 - 03）	1-8

☐ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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抵触するものではなく、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
13.06.2024

国際調査報告の発送日
25.06.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）
諸星 圭祐 3D 5784
電話番号 03-3581-1101 内線 3339

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/015988

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-240610	A	10.12.2012	(ファミリーなし)	
US	2005/0041362	A1	24.02.2005	WO	2005/033715 A2
JP	2006-219078	A	24.08.2006	(ファミリーなし)	
JP	2019-209699	A	12.12.2019	(ファミリーなし)	
US	4796153	A	03.01.1989	(ファミリーなし)	