

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 juin 2009 (25.06.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/077567 A2

(51) Classification internationale des brevets :
B60L 8/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/067767

(22) Date de dépôt international :
17 décembre 2008 (17.12.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01975/07 18 décembre 2007 (18.12.2007) CH

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
HAYEK ENGINEERING AG [CH/CH]; Delphinweg
19, CH-5616 Meisterschwanden (CH).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **HAYEK,
Nicolas, Georges** [CH/CH]; Delphinweg 214, CH-5616
Meisterschwanden (CH).

(74) Mandataire : **ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA**;
Rue des Sors 7, CH-2074 Marin (CH).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PG, PH, PL, PT,
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

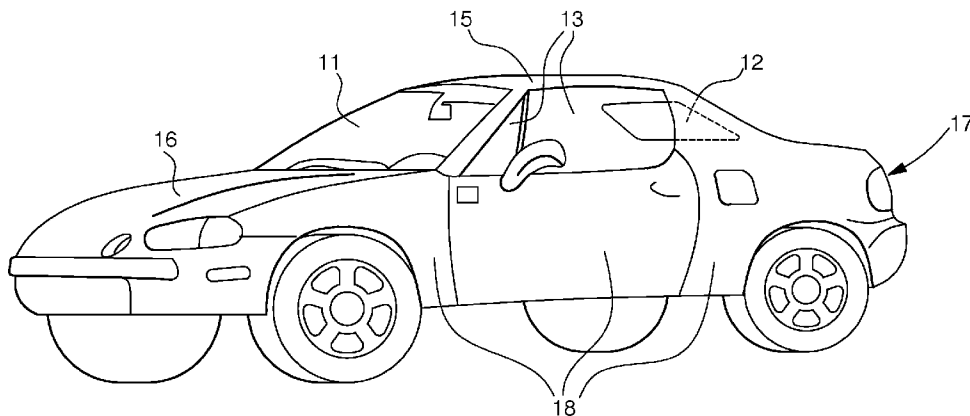
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

(54) Title: SOLAR POWERED ELECTRIC MOTOR VEHICLE

(54) Titre : VÉHICULE AUTOMOBILE ÉLECTRIQUE SOLAIRE

Fig. 1



(57) Abstract: The electric car is almost entirely covered with solar cells. In addition, transparent solar cells are incorporated into the windshield and into the other windows of the car. The various features of the car give it considerable autonomy.

(57) Abrégé : La voiture électrique est pratiquement complètement recouverte de cellules solaires. De plus, des cellules solaires transparentes sont intégrées au pare-brise ainsi qu'aux autres vitres de la voiture. Les différentes caractéristiques de la voiture lui confère une autonomie considérable.

WO 2009/077567 A2

Véhicule automobile électrique solaire

La présente invention concerne un véhicule automobile à propulsion électrique équipé d'au moins une batterie rechargeable prévue pour alimenter le véhicule en électricité. La présente invention concerne plus particulièrement un tel véhicule équipé de cellules solaires photovoltaïques.

5 On connaît des véhicules automobiles à propulsion électrique alimentés par des batteries rechargeables depuis le XIX^e siècle. Ces véhicules présentent de multiples avantages. En particulier, ils sont peu bruyants, n'émettent pas de gaz d'échappement, et permettent en principe de réduire notre dépendance à l'égard du pétrole. Les batteries de ces véhicules doivent
10 toutefois être rechargées. Cette opération est habituellement effectuée à partir du réseau électrique, soit à domicile, soit en se rendant à un poste de recharge ouvert au publique.

Le recours à des batteries pour alimenter une voiture ou un autre véhicule présente certains inconvénients. En effet, pour donner une autonomie
15 suffisante à une telle voiture électrique, il est nécessaire de prévoir des batteries ayant une capacité suffisante pour leur permettre d'accumuler au moins 20 kWh d'énergie électrique. Les batteries traditionnelles au plomb ne pouvant accumuler qu'environ 40 Wh par kg, la nécessité pour une voiture d'emmagasiner une telle quantité d'énergie implique un surpoids d'au moins
20 500 kg. Les batteries Li-ion peuvent accumuler environ 5 fois plus d'énergie au kg. Toutefois, à l'heure actuelle, ces batteries sont extrêmement onéreuses.

D'autre part, comme on l'a déjà dit, les batteries des voitures à propulsion électrique sont normalement rechargées avec l'électricité du réseau. Or, on sait qu'une fraction importante de l'électricité du réseau est
25 produite par des centrales atomiques qui produisent des déchets radioactifs ou par des centrales au charbon ou au pétrole qui relâchent dans l'atmosphère

une grande quantité de CO₂. Ainsi, les voitures à propulsion électrique pourraient, en fin de compte, s'avérer tout aussi polluantes que les voitures fonctionnant avec de l'essence.

On connaît également des voitures à propulsion électrique dont une
5 partie au moins de la carrosserie est recouverte de cellules photovoltaïques. L'utilisation des cellules photovoltaïques permet en principe de remédier aux inconvénients qui ont été mentionnés plus haut au sujet des voitures alimentées par une batterie rechargeable. En effet, le supplément d'électricité obtenu grâce aux cellules photovoltaïques permet d'augmenter l'autonomie
10 entre deux recharges des batteries ou, alternativement, d'obtenir la même autonomie avec des batteries plus petites. De plus, l'électricité d'origine solaire est une énergie qui est renouvelable et propre. Malheureusement, dans un pays tempéré, comme la Suisse, la quantité totale d'énergie électrique produite par 1 m² de cellules photovoltaïques ne dépasse pas, en moyenne, 10 à 15
15 kWh par mois. Dans ces conditions, pour obtenir un gain significatif, il faut que la surface recouverte par les cellules photovoltaïques soit la plus grande possible.

La demande de brevet WO 2007/059493 décrit un véhicule à moteur équipé d'une batterie rechargeable et de panneaux de cellules photovoltaïques
20 prévus pour charger la batterie. Ce document antérieur propose une configuration des panneaux solaires sensée tirer le meilleur profit de la surface disponible. Ainsi, le véhicule décrit comporte un premier panneau solaire qui recouvre le toit, un deuxième panneau solaire qui recouvre le capot et un troisième panneau solaire rabattable, qui est articulé avec le premier panneau
25 solaire. Le troisième panneau est prévu pour être déployé sur le pare-brise lorsque le véhicule est stationné.

Cette solution antérieure présente également certains inconvénients. En particulier, lorsqu'il est déployé, le troisième panneau solaire obture entièrement le pare-brise. Ainsi, de manière à permettre de voir la route, ce
30 panneau doit être rabattu en arrière lors de l'utilisation du véhicule. Dans cette position, la surface utile des panneaux solaires se trouve fortement réduite. De plus, la présence de panneaux rectangulaires fixés au toit du véhicule a des

conséquences néfastes aussi bien en ce qui concerne l'aérodynamisme que l'esthétique du véhicule.

Un but de la présente invention est donc de remédier aux inconvénients de l'art antérieur qui viennent d'être mentionnés. Elle atteint ce but en
5 fournissant une voiture à propulsion électrique équipée d'au moins une batterie rechargeable et conforme à la revendication 1.

Grâce au fait que le matériau transparent dont est fait le pare-brise comprend une couche de cellules solaires transparentes, la surface du pare-brise peut être exploitée pour la production d'électricité solaire sans pour
10 autant compromettre la visibilité. D'autre part, grâce au fait que les cellules solaires qui recouvrent la carrosserie épousent les courbes de celle-ci, la présence des cellules solaires n'a pas besoin d'avoir des répercussions néfastes concernant l'aérodynamisme ou l'esthétique du véhicule.

Selon une variante avantageuse, les cellules solaires qui recouvrent la
15 carrosserie sont du type cellules combinées optiques-photovoltaïques à haut rendement. Ces cellules sont des structures hybrides qui combinent des éléments photovoltaïques avec des éléments optiques prévus pour concentrer la lumière sur les éléments photovoltaïques. Ces éléments optiques peuvent comprendre notamment des lentilles convergentes. Un avantage des cellules
20 solaires combinées de ce type est qu'elles peuvent avoir un rendement supérieur à 40 voir même 50 %.

Selon une deuxième variante avantageuse, les batteries utilisées sont des batteries « haute performance » capables d'accumuler au moins 160 Wh par kg, et même de préférence au moins 200 Wh par kg. Grâce à cette
25 caractéristique, le poids de la voiture peut être réduit. Dans ces conditions, la consommation d'électricité est réduite également. De plus, comme la consommation est réduite, la part de l'électricité fournie par les cellules solaires augmente en proportion. Ainsi, dans le cas d'une voiture associant l'utilisation de cellules solaires avec celle de batteries à haute performance,
30 l'effet des cellules solaires sur l'autonomie est encore amplifié.

Selon une autre variante avantageuse, les batteries utilisées sont d'un type qui peut être rechargé très rapidement. Ces batteries peuvent être

rechargées jusqu'à 80% de leur pleine capacité en une minute. Grâce à cette caractéristique, le contretemps occasionné par un arrêt dans un poste de recharge en cours de trajet devient tout à fait acceptable. Ce contretemps n'est, en effet, pas plus long que celui occasionné par un arrêt dans une
5 station essence avec une voiture habituelle. Cette dernière variante permet donc de palier les problèmes dus à une trop faible autonomie.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés dans
10 lesquels :

la figure 1 est une vue latérale en élévation d'une voiture électrique solaire selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

la figure 2 est un schéma de principe du système électrique d'alimentation des moteurs synchrones équipant la voiture électrique solaire de
15 la figure 1.

À première vue, l'apparence du véhicule automobile représenté à la figure 1 ne le distingue absolument pas d'une voiture habituelle. En effet, la présente invention n'est absolument pas limitée à un véhicule présentant une forme particulière, puisque la forme de la carrosserie du véhicule peut être
20 quelconque. Toutefois, dans le présent exemple, l'extérieur de la carrosserie présente la particularité d'être pratiquement entièrement recouvert de cellules photovoltaïques. De préférence, lors de la fabrication des différents éléments formant la carrosserie, les cellules photovoltaïques sont formées par déposition de couches minces de silicium amorphe dopé sur un matériau
25 opaque constituant l'âme des différents éléments de la carrosserie. Une fois déposé, le silicium est encore recouvert d'une couche protectrice transparente. Les cellules photovoltaïques individuelles sont reliées à des connecteurs électriques disposés à l'intérieur de la carrosserie. La liaison entre les cellules et les connecteurs est de préférence réalisée par des pistes conductrices
30 également déposées sous forme de couches minces.

L'ensemble des cellules photovoltaïques de la carrosserie est de préférence subdivisé en plusieurs régions dans lesquelles les cellules

partagent sensiblement une même orientation. Dans le présent exemple, les régions sont au nombre de cinq. À savoir : la région du toit 15, la région du capot 16, la région arrière 17, la région latérale gauche 18, et enfin la région latérale droite 19 (non représentée sur la figure 1). Toutes les cellules d'une même région sont interconnectées.

Selon une variante avantageuse, les cellules solaires qui recouvrent la carrosserie sont du type cellules combinées optiques-photovoltaïques à haut rendement. Les cellules solaires de ce type sont en général formées de plusieurs couches de semi-conducteurs formées les unes sur les autres. La formation de tels empilements revient à constituer des jonctions multiples superposées. On parle donc de ce type de cellules comme de cellules photovoltaïques à jonctions multiples. Les différentes couches formant une cellule photovoltaïque sont choisies de manière à ce que chaque jonction absorbe la lumière dans une bande différente du spectre. De plus, les couches sont ordonnées de manière, par exemple, à ce que les photons les plus énergiques soient absorbés par les couches supérieures et les photons les moins énergiques par les couches inférieures.

Un réseau de concentrateurs optiques est également placé devant le réseau formé par les cellules à jonctions multiples. De façon connue en soi, la distance focale des concentrateurs optiques dépend de la longueur d'onde de la lumière. Ainsi, les différentes bandes du spectre peuvent être concentrées respectivement sur les différentes jonctions de la cellule photovoltaïque multicouches. De telles cellules photovoltaïques multijonctions peuvent avoir un rendement nettement supérieur à celui d'une cellule photovoltaïque traditionnelle.

L'homme du métier comprendra d'autre part qu'il est également possible de réaliser des cellules multijonctions selon une architecture latérale. Dans ce cas, plusieurs cellules absorbant chacune la lumière dans une bande différente du spectre sont arrangée côte à côte. Un réseau d'éléments optiques comprenant des éléments de dispersion chromatique, comme des prismes par exemple, est placé devant le réseau formé par l'arrangement des cellules photovoltaïques. La combinaison d'éléments de dispersion

chromatique avec des concentrateurs permet de focaliser les différentes bandes du spectre respectivement sur les différentes cellules photovoltaïques arrangées côte à côte. D'autre part, il est possible également de combiner dans une architecture hybride plusieurs empilements verticaux arrangés côte à

5 côte conformément à ce qui est décrit par exemple dans la communication de A. Barnett et al. lors de la *4th World Photovoltaic Science and Energy Conference*, Hawaii, USA, 2006 et intitulé « 50% Efficient Solar Cell Architectures and Designs ». Un avantage des cellules solaires à concentrateur optique est qu'elles peuvent avoir un rendement supérieur à

10 40 %, voir même à 50 %.

Dans le présent exemple, les vitres de la voiture sont également équipées de cellules photovoltaïques transparentes. Des cellules photovoltaïques susceptibles d'être incorporées au pare-brise ainsi qu'au autre vitre d'un véhicule sont décrites notamment dans l'article « Titania solar cells :

15 new photovoltaic technology ». paru dans la revue « Renewable Energy » Volume 22 (2001), Pages 303-309. Comme pour la carrosserie, l'ensemble des cellules photovoltaïques des vitres est de préférence subdivisé en plusieurs régions dans lesquelles les cellules partagent sensiblement une même orientation. A savoir : le pare-brise 11, la vitre arrière 12, les vitres

20 latérales gauches 13, et les vitres latérales droites 14 (non représentées sur la figure 1). Dans le présent exemple, les cellules d'une même région sont interconnectées à l'aide de films conducteurs transparents.

On sait que les cellules photovoltaïques constituent des générateurs dont la caractéristique est fortement non-linéaire. En d'autres termes, pour un

25 même éclairement, la puissance délivrée sera différente selon la charge connectée. En se référant au schéma de principe de la figure 2, on peut voir que les cellules photovoltaïques sont reliées région par région à un dispositif automatique de recherche du point de puissance maximum 5, communément appelé MPPT (de l'anglais Maximum Power Point Tracker). Le MPPT 5

30 fonctionne comme un convertisseur DC vers DC qui optimise automatiquement la charge connectée à chaque région de cellules photovoltaïques de façon à ce que les cellules fournissent en permanence le maximum de puissance disponible.

À partir du MPPT 5, l'électricité peut être dirigée vers la batterie 3 de manière à charger celle-ci, ou directement vers le moteurs électriques 7 via un onduleur 9. Le contrôleur dont est équipé le MPPT 5 commande aussi la charge connectée à la batterie 3. Dès que la puissance électrique demandée
5 par le moteur 7 est supérieure à la puissance fournie par les cellules photovoltaïques, la batterie est mise à contribution. Inversement, dès que la puissance fournie par les cellules photovoltaïques excède les besoins du moteur 7, le surplus d'électricité est dirigé vers la batterie pour la charger. D'autre part, selon une caractéristique avantageuse du présent exemple, le
10 moteur électrique 7 peut également fonctionner comme générateur. Cette caractéristique permet d'utiliser également le moteur pour un freinage régénératif. Lors d'un freinage régénératif, le moteur 7 passe en mode générateur et utilise l'énergie électrique produite par le freinage du véhicule pour recharger la batterie 3. Précisons que l'élément référencé 9 sur la
15 figure 2, qui remplit normalement la fonction d'onduleur conformément à ce qui a déjà été mentionné, fonctionne comme redresseur lors du freinage. Ainsi le courant alternatif produit lors du freinage régénératif est converti en un courant continu adapté pour recharger la batterie 3. Précisons encore qu'un système de freins de type traditionnel est prévu additionnellement pour renforcer le
20 freinage en cas d'urgence.

De préférence, la batterie 3 est une batterie capable d'emmagasiner une densité d'énergie élevée. Il peut s'agir par exemple d'une batterie ou d'un groupe de batteries Lithium ion permettant d'emmagasiner au moins 160 Wh (ou même 200 Wh) par kg de batterie. Grâce à cette caractéristique, il est
25 possible de stocker 24 kWh (ou même 30 kWh) d'énergie dans un groupe de batteries dont le poids total ne dépasse pas 150 kg. Ainsi, le surpoids occasionnés par la présence des batteries dans la voiture est limité et ne contribue que faiblement à réduire l'autonomie du véhicule. Il faut préciser tout de même que le poids qui vient d'être indiqué ne comprend pas le système de
30 refroidissement des batteries.

Selon une variante avantageuse, la batterie ou les batteries sont des batteries pouvant être rechargées jusqu'à 80 % de leur capacité en moins de 10 minutes. L'utilisation de telles batteries pouvant être rechargées rapidement

rend possible une recharge en cours de trajet. En effet, un arrêt de l'ordre de dix minutes dans un poste de recharge devrait être considéré comme un contretemps acceptable par les usagers. De préférence, la batterie ou les batteries sont des batteries pouvant être rechargées jusqu'à 80 % de leur

5 capacité en 1 minutes au plus. Bien que non encore disponibles sur le marché, de telles batteries devraient faire prochainement leur apparition. En effet, la firme Toshiba annonce pour 2008 une batterie Lithium ion pouvant être chargée à 80 % en une minute. On comprendra que selon cette variante, la

10 possibilité existe également de charger la batterie ou les batteries beaucoup plus lentement lorsque la puissance électrique à disposition est limitée. Cette possibilité est utile lors de la recharge à domicile où la puissance est limitée, mais le temps à disposition relativement long.

On comprendra que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour un homme du métier peuvent être apportées au mode de réalisation qui fait l'objet de la présente description sans sortir du cadre de la présente invention définie par les revendications annexées. En particulier, au lieu de déposer les couches minces de silicium dopé directement sur le matériau formant la carrosserie, il est possible d'utiliser des cellules photovoltaïques flexibles standards. Ces cellules flexibles peuvent par exemple être collées sur le matériau formant l'âme des différents éléments de la carrosserie, avant d'être, si nécessaire, recouverte par un revêtement transparent.

REVENDICATIONS

1. Véhicule automobile à propulsion électrique comprenant au moins un moteur électrique (7), une batterie rechargeable (3) prévue pour alimenter le moteur en électricité et un habitacle, le véhicule comprenant encore une carrosserie (15, 16, 17, 18) réalisée en un matériau opaque et formant une
5 caisse enfermant le moteur électrique (7) et la batterie (3) ainsi que l'habitacle, et comprenant encore un pare-brise (11) réalisé en un matériau transparent et arrangé dans une ouverture de la carrosserie, le matériau opaque dans lequel est réalisé la carrosserie comprenant des cellules photovoltaïques arrangées sur les côtés et le dessus du véhicule de manière à produire de l'électricité
10 lorsque l'extérieur du véhicule est soumis à un rayonnement solaire, l'électricité fournie par les cellules photovoltaïques étant fournie à la batterie rechargeable (3) et/ou au moteur (7), caractérisé en ce que le matériau transparent dans lequel est réalisé le pare-brise (11) comprend des cellules photovoltaïques transparentes reliées électriquement à la batterie
15 rechargeable (3) et/ou au moteur (7), en ce que la batterie rechargeable (3) est prévue pour emmagasiner au moins 160Wh d'électricité par kg, et en ce que la batterie rechargeable (3) est prévue pour être rechargée jusqu'à 80 % de sa capacité en 10 minute.

2. Véhicule automobile à propulsion électrique selon la
20 revendication 1, caractérisé en ce que la batterie rechargeable (3) est prévue pour emmagasiner au moins 200Wh d'électricité par kg.

3. Véhicule automobile à propulsion électrique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les cellules photovoltaïques portées par la carrosserie ont un rendement d'au moins 40 %.

25 4. Véhicule automobile à propulsion électrique selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdites cellules photovoltaïques ont un rendement d'au moins 50 %.

5. Véhicule automobile à propulsion électrique selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la batterie

rechargeable (3) est prévue pour être rechargée jusqu'à 80 % de sa capacité en 1 minute.

6. Véhicule automobile à propulsion électrique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moteur électrique (7)
- 5 peut également fonctionner comme générateur et en ce qu'il est prévu pour recharger la batterie (3) lors d'un freinage du véhicule.

Fig. 1

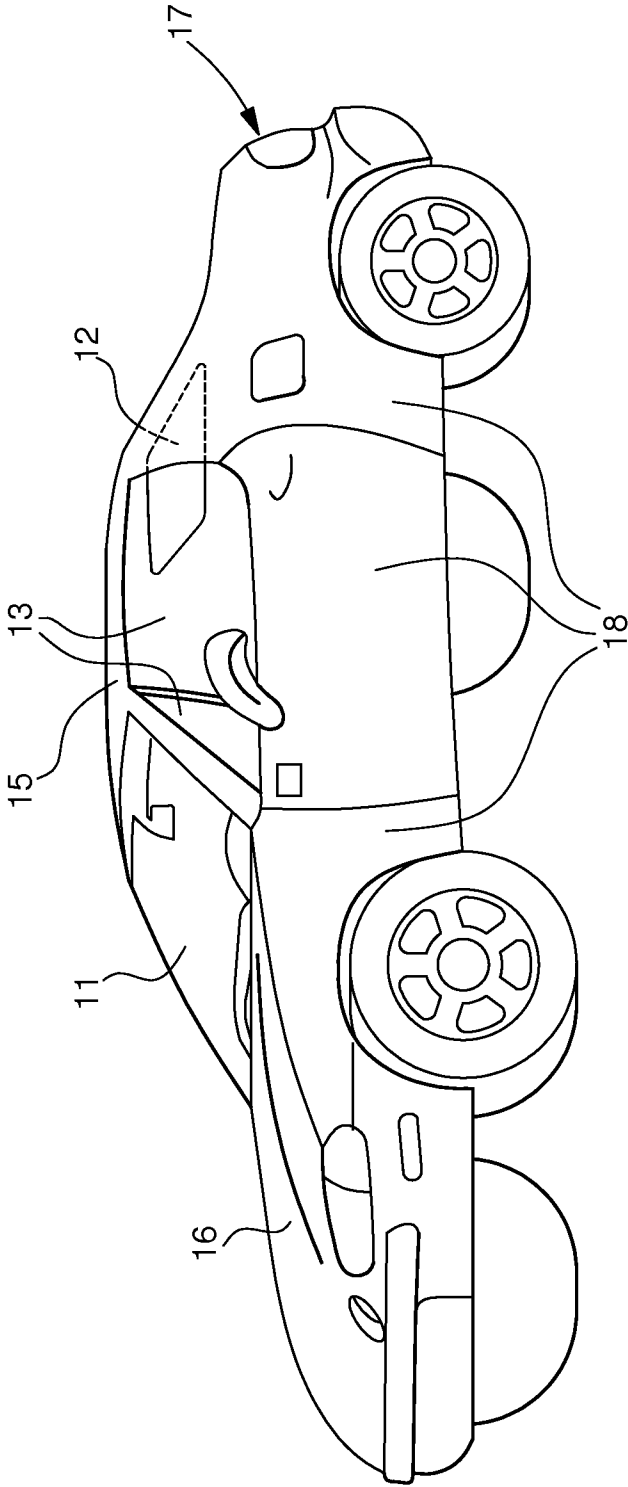


Fig. 2

