(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
2019年12月12日(12.12.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/234991 A1

(51) 国際特許分類:
C07C 2/82 (2006.01) *C01B 32/16* (2017.01)
C01B 3/26 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/006331

(22) 国際出願日： 2019年2月20日(20.02.2019)

(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 2018-107491 2018年6月5日(05.06.2018) JP
特願 2018-124111 2018年6月29日(29.06.2018) JP

(71) 出願人：株式会社ＩＨＩ(**IHI CORPORATION**) [JP/JP]；〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：木村 博幸(**KIMURA, Hiroyuki**)；〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 妹尾 悟史(**SEO, Satoshi**)；〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 松野 伸介(**MATSUNO, Shinsuke**)；〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 村本 知哉(**MURAMOTO, Tomoya**)；〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP).

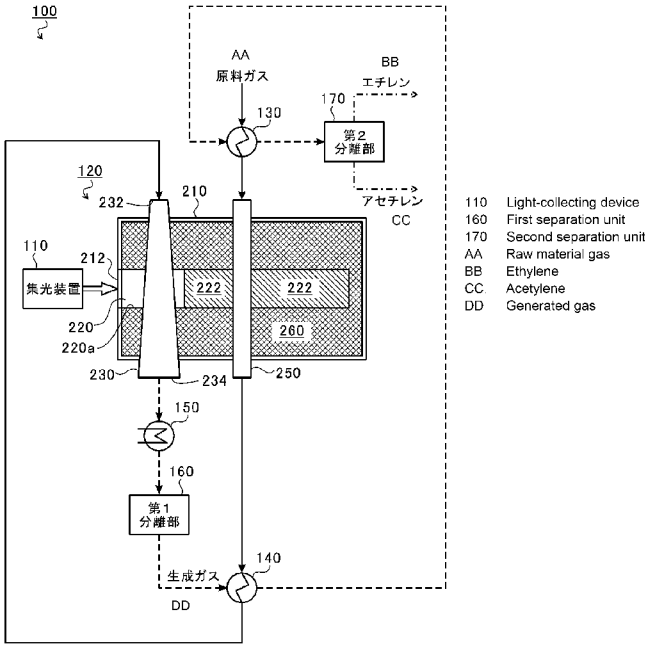
(74) 代理人：特許業務法人 青海特許事務所(**AOMI PATENT**)；〒1010052 東京都千代田区神田小川町１－８－８ Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** UNSATURATED HYDROCARBON PRODUCTION DEVICE

(54) 発明の名称： 不飽和炭化水素製造装置

FIG.1



(57) **Abstract:** An unsaturated hydrocarbon production device 100 comprising: a light-collecting device 110 that collects sunlight and converts same to solar heat; and a heating furnace 230 that heats a raw material gas including at least methane and hydrogen, methane and oxygen, or ethane to 700– 2,000 ° C using the solar heat generated by the light-collecting device 110.

WO 2019/234991 A1

［続葉有］

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, 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:不飽和炭化水素製造装置１００は、太陽光を集光して太陽熱に変換する集光装置１１０と、メタンと水素、メタンと酸素、および、エタンの群のうちいずれかを少なくとも含む原料ガスを、集光装置１１０によって発生させた太陽熱で７００℃以上２０００℃以下に加熱する加熱炉２３０と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 不飽和炭化水素製造装置

技術分野

[0001] 本開示は、不飽和炭化水素製造装置に関する。本出願は、２０１８年６月５日に提出された日本特許出願第２０１８－１０７４９１号および２０１８年６月２９日に提出された日本特許出願第２０１８－１２４１１１号に基づく優先権の利益を主張するものであり、その内容は本出願に援用される。

背景技術

[0002] エチレンまたはアセチレンは、プラスチックの原料となる。エチレンまたはアセチレンは、灯油、ナフサ、プロパン、エタン等の原料を９００℃程度に加熱して、熱分解させることで生成される。

[0003] 従来、原料の加熱は、石油等の化石燃料をバーナで燃焼させることで為される（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１７－１７８８２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、従来技術では、化石燃料の燃焼に伴って、二酸化炭素（CO_2）、硫黄酸化物（SO_x）、窒素酸化物（NO_x）を含む排気ガスが排出されてしまう。排気ガスに含まれる二酸化炭素は、地球温暖化の要因とされる温室効果ガスのひとつとして考えられている。このため、二酸化炭素の排出量を低減させて、原料を熱分解させる技術の開発が希求されている。

[0006] そこで、本開示は、このような課題に鑑み、二酸化炭素の排出量を低減することが可能な不飽和炭化水素製造装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本開示の一態様に係る不飽和炭化水素製造装

置は、太陽光を集光して太陽熱に変換する集光装置と、メタンと水素、メタンと酸素、および、エタンの群のうちいずれかを少なくとも含む原料ガスを、集光装置によって発生させた太陽熱で７００℃以上２０００℃以下に加熱する加熱炉と、を備える。

[0008] また、加熱炉で生成された生成ガスを６００℃以下まで急冷する冷却部を備えてもよい。

[0009] また、加熱炉は、原料ガスの、エチレンおよびアセチレンのいずれか一方または両方への反応を促進する触媒を収容してもよい。

[0010] また、加熱炉から放出された熱で原料ガスを予熱する予熱部を備えてもよい。

[0011] また、加熱炉で生成された生成ガスと、原料ガスとを熱交換させる第１熱交換部を備え、予熱部には、第１熱交換部で熱交換された原料ガスが導入されてもよい。

[0012] また、加熱炉で生成された生成ガスと、予熱部によって予熱された原料ガスとを熱交換させる第２熱交換部を備えてもよい。

[0013] また、加熱炉で生成された生成ガスからエチレンまたはアセチレンを分離する分離部を備えてもよい。

[0014] また、加熱炉は、原料ガスを１０００℃以上１２００℃以下に加熱してもよい。

発明の効果

[0015] 本開示によれば、二酸化炭素の排出量を低減することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は、第１の実施形態の不飽和炭化水素製造装置を説明する図である。

[図2]図２Ａは、集光装置および加熱部の外観を説明する図である。図２Ｂは、加熱部の一部を切り欠いた斜視図である。

[図3]図３は、第２の実施形態の不飽和炭化水素製造装置を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の実施形態について詳細に説明する。実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本開示を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。また本開示に直接関係のない要素は図示を省略する。

[0018] ［第１の実施形態］

図１は、第１の実施形態の不飽和炭化水素製造装置１００を説明する図である。なお、図１中、実線の矢印は、原料ガスの流れを示す。図１中、破線の矢印は、生成ガスの流れを示す。また、図１中、一点鎖線の矢印は、エチレンおよびアセチレンの流れを示す。図１中、白抜き矢印は、集光された太陽光を示す。

[0019] 図１に示すように、不飽和炭化水素製造装置１００は、集光装置１１０と、加熱部１２０と、第１熱交換部１３０と、第２熱交換部１４０と、冷却部１５０と、第１分離部１６０と、第２分離部１７０（分離部）とを含む。

[0020] 集光装置１１０は、太陽光を集光して加熱部１２０（採光窓２１２）へ導く。加熱部１２０は、筐体２１０と、炉室２２０と、伝熱材２２２と、加熱炉２３０と、予熱部２５０と、断熱材２６０を含む。なお、図１中、伝熱材２２２をハッチングで示し、断熱材２６０をクロスハッチングで示す。

[0021] 図２Ａは、集光装置１１０および加熱部１２０の外観を説明する図である。図２Ｂは、加熱部１２０の一部を切り欠いた斜視図である。なお、図２Ｂ中、伝熱材２２２をハッチングで示し、断熱材２６０をクロスハッチングで示す。

[0022] 図２Ａに示すように、集光装置１１０は、太陽光を集光して太陽熱に変換する装置である。集光装置１１０は、１または複数のヘリオスタット（平面鏡）１１２と、放物曲面鏡１１４と、後述する炉壁２２０ａを含む。ヘリオスタット１１２は、太陽光を反射して放物曲面鏡１１４に導く。放物曲面鏡

１１４は、反射面が凹形状の鏡である。放物曲面鏡１１４は、ヘリオスタット１１２で反射された太陽光を集光して加熱部１２０（採光窓２１２）へ導く。

[0023] 図２Ｂに示すように、加熱部１２０の筐体２１０は、円筒形状である。筐体２１０は、軸方向が水平方向となるように設けられる。筐体２１０の側面には採光窓２１２が設けられる。炉室２２０は、採光窓２１２に連続して筐体２１０の内部に設けられる。つまり、採光窓２１２は、炉室２２０と外部とを区画する。炉室２２０は、水平方向に延在する空間である。炉室２２０を形成する炉壁２２０ａは、吸熱材（黒体のセラミックス等の耐熱性が高い無機材料）で構成される。

[0024] 加熱炉２３０、および、予熱部２５０は、管形状である。加熱炉２３０、および、予熱部２５０は、炉室２２０を貫通するように設けられる。加熱炉２３０は、採光窓２１２に最も近い位置に設けられる。予熱部２５０は、加熱炉２３０に隣接する。つまり、採光窓２１２に近い方から順に、加熱炉２３０、予熱部２５０が、炉室２２０内に設けられる。伝熱材２２２は、炉室２２０のうち、加熱炉２３０と予熱部２５０との間、および、予熱部２５０と断熱材２６０との間に設けられる。つまり、伝熱材２２２は、加熱炉２３０とは離隔し、予熱部２５０を囲繞する。伝熱材２２２は、例えば、グラファイトまたはセラミックスである。

[0025] 採光窓２１２を通過して炉室２２０の内部に導かれた太陽光は、加熱炉２３０に照射されたり、炉室２２０を形成する炉壁２２０ａに照射されたりすること等によって熱エネルギー（太陽熱）に変換され、加熱炉２３０および炉壁２２０ａを加熱する。これにより、加熱炉２３０は、１０００℃以上２０００℃以下に維持される。なお、伝熱材２２２が加熱炉２３０と非接触であることにより、加熱炉２３０の全周が輻射に曝される。これにより、加熱炉２３０は、太陽光によって効率的に加熱される。また、予熱部２５０は、加熱炉２３０から放出された熱（放熱）が伝熱材２２２によって伝達され、所定の予熱温度（常温（２５℃）を上回る温度）に維持される。伝熱材２２

２が予熱部２５０の全周と接触することにより、予熱部２５０が効率的に加熱される。

[0026] 断熱材２６０は、筐体２１０内に設けられる。断熱材２６０は、炉室２２０を囲繞する。断熱材２６０は、炉室２２０から外部への熱の流出（放熱）を抑制する。

[0027] 図１に戻って説明すると、第１熱交換部１３０は、加熱炉２３０で生成され、後述する第２熱交換部１４０によって除熱された生成ガス（詳しくは後述する）と、原料ガスとを熱交換させる。これにより、生成ガスが有する熱で原料ガスが加熱され、生成ガスが冷却される。原料ガスは、メタンおよび水素を少なくとも含むガスである。原料ガスは、例えば、天然ガスおよび水素の混合気である。第１熱交換部１３０によって加熱された原料ガスは、予熱部２５０に送出される。一方、第１熱交換部１３０によって冷却された生成ガスは、後述する第２分離部１７０に送出される。

[0028] 予熱部２５０は、上記したように、加熱炉２３０の放熱によって予熱温度に維持される。したがって、予熱部２５０は、第１熱交換部１３０によって加熱された原料ガスを予熱温度まで予熱（加熱）することができる。

[0029] 第２熱交換部１４０は、予熱部２５０によって予熱された原料ガスと、加熱炉２３０から排出された生成ガスとを熱交換させる。これにより、生成ガスが有する熱で原料ガスが加熱され、生成ガスが冷却される。第２熱交換部１４０によって加熱された原料ガスは、加熱炉２３０に導入される。一方、第２熱交換部１４０によって冷却された生成ガスは、第１熱交換部１３０に導入される。

[0030] 加熱炉２３０には、第１熱交換部１３０、予熱部２５０、および、第２熱交換部１４０によって加熱された原料ガスが導入される。

[0031] 加熱炉２３０に導入された原料ガスは、上記したように、集光装置１１０によって１０００℃以上２０００℃以下に維持される。そうすると、例えば、下記反応式（１）、反応式（２）に示す反応が進行し、原料ガスに含まれるメタン（CH_4）が、エチレン（C_2H_4）およびアセチレン（C_2H_2）に変

換される。

$2nCH_4 + 6nH_2 \rightarrow nC_2H_2 + 9nH_2$ …反応式（１）

$2nCH_4 + 6nH_2 \rightarrow nC_2H_4 + 8nH_2$ …反応式（２）

なお、反応式（１）、反応式（２）をはじめとする反応式中、ｎは１以上の整数である。

[0032] 加熱炉２３０に導入された原料ガス中の水素は、原料ガス中のメタン（１モル）に対し、０．１モル以上８モル以下である。原料ガス中の水素は、原料ガス中のメタンに対し３モル以上であることが好ましい。メタンに対して３モル以上の水素が導入されることにより、加熱炉２３０は、エチレンおよびアセチレンの収率を向上させることができる。

[0033] なお、水素は、相対的に熱容量が大きい。このため、メタンに対して８モルを上回る水素が導入されると、加熱炉２３０の温度維持に要する熱エネルギーが大きくなってしまう。そこで、メタンに対して８モル以下の水素を加熱炉２３０に導入する。これにより、加熱炉２３０の温度を１０００℃以上２０００℃以下に維持するために投入される熱エネルギーを削減することができる。

[0034] また、アセチレンと比較してエチレンの収率を向上させる場合、集光装置１１０は、加熱炉２３０内の原料ガスを１０００℃以上１２００℃以下に加熱するとよい。一方、エチレンと比較してアセチレンの収率を向上させる場合、集光装置１１０は、加熱炉２３０内の原料ガスを１２００℃以上１６００℃以下に加熱するとよい。

[0035] このように、加熱炉２３０に原料ガスが導入されることにより、エチレン、アセチレン、および、未反応の水素を少なくとも含む生成ガスが生成される。

[0036] 冷却部１５０は、加熱炉２３０で生成された生成ガスを６００℃以下まで急冷する。これにより、冷却部１５０は、生成ガスに含まれるエチレンおよびアセチレンの熱分解を抑制することができる。

[0037] 冷却部１５０によって急冷された生成ガスは、第１分離部１６０に導入さ

れる。第１分離部１６０は、セラミック製の水素分離膜（例えば、多孔質セラミック製の水素分離膜）を含む。第１分離部１６０は、生成ガスから水素を分離して除去する。第１分離部１６０を備える構成により、不飽和炭化水素製造装置１００は、生成ガス中の水素の量を低減することができる。そして、第１分離部１６０によって水素が除去された生成ガスは、上記第２熱交換部１４０、および、第１熱交換部１３０によって熱交換された後、第２分離部１７０に導入される。

[0038] 第２分離部１７０は、例えば、マイクロ多孔性金属－有機フレームワーク材料を含む。第２分離部１７０は、生成ガスをエチレンとアセチレンに分離する。第２分離部１７０を備える構成により、不飽和炭化水素製造装置１００は、エチレンの純度を高めるとともに、アセチレンの純度を高めることができる。そして、第２分離部１７０によって分離されたエチレンは、後段の設備（例えば、プラスチック（樹脂）製造プラント）に送出される。また、第２分離部１７０によって分離されたアセチレンは、後段の設備（例えば、燃料製造プラント）に送出される。

[0039] 以上説明したように、第１の実施形態の不飽和炭化水素製造装置１００は、集光装置１１０が加熱炉２３０内の原料ガスを加熱する。これにより、不飽和炭化水素製造装置１００は、エチレンおよびアセチレン（不飽和炭化水素）を生成する際に、二酸化炭素の排出量をほぼ０（ゼロ）とすることが可能となる。つまり、不飽和炭化水素製造装置１００は、加熱源を得るために化石資源の燃焼熱やそれに由来した電気エネルギーを利用する場合とは異なり、加熱源を得る過程で新たに二酸化炭素を発生させることがない。したがって、不飽和炭化水素製造装置１００は、二酸化炭素の削減効果を向上させることができる。さらに、不飽和炭化水素製造装置１００は、加熱源を得るために有価な化石資源を消費する必要がなくなり、加熱に要するコストを大きく抑えることができる。

[0040] なお、原料ガス中の水素の含有率によっては、加熱炉２３０内において固体炭素が生成される場合もある。この場合、図１に示すように、加熱炉２３

０の形状が、上部開口２３２の径が下部開口２３４の径より小さく、流路断面積（水平断面積）が上部開口２３２から下部開口２３４に向かうに従って漸増する形状に設計される。また、加熱炉２３０は、線膨張係数が固体炭素と異なる材料で構成される。加熱炉２３０は、例えば、アルミナ、ステアライト、フォルステライト、ジルコニアなどのセラミックス材料で形成される。

[0041] これにより、不飽和炭化水素製造装置１００において、不飽和炭化水素（エチレン、アセチレン）の製造を停止する期間、加熱炉２３０内の温度を変化させることで、加熱炉２３０の熱膨張量と、加熱炉２３０の内壁に付着した固体炭素の熱膨張量との間に差を生じさせることができる。したがって、不飽和炭化水素製造装置１００は、固体炭素が加熱炉２３０の内壁に付着していたとしても、これらの熱膨張量に差が生じることによって、加熱炉２３０と固体炭素との間の接触面に沿って剪断力を作用させることが可能となる。つまり、不飽和炭化水素製造装置１００は、加熱炉２３０の内壁と固体炭素との付着力を低下させることができ、加熱炉２３０の内壁からの固体炭素の剥離を誘発させることが可能となる。そして、剥離された固体炭素は、下部開口２３４を通じて自重で加熱炉２３０外に落下する。

[0042] また、上記したように、不飽和炭化水素製造装置１００は、第１熱交換部１３０を備える。これにより、第１熱交換部１３０は、生成ガスが有する熱で原料ガスを加熱することができる。さらに、不飽和炭化水素製造装置１００は、予熱部２５０を備える。これにより、予熱部２５０は、加熱炉２３０から放出された熱で原料ガスを予熱することができる。また、不飽和炭化水素製造装置１００は、第２熱交換部１４０を備える。これにより、第２熱交換部１４０は、生成ガスが有する熱で原料ガスを加熱することができる。このように、不飽和炭化水素製造装置１００は、排熱で原料ガスを加熱することができるため、加熱に要するコストを抑えることができる。

[0043] ［第２の実施形態］

上記第１の実施形態の加熱炉２３０は、触媒を収容していない。しかし、

加熱炉３３０が触媒を収容してもよい。

[0044] 図３は、第２の実施形態の不飽和炭化水素製造装置３００を説明する図である。なお、図３中、実線の矢印は、原料ガスの流れを示す。図３中、破線の矢印は、生成ガスの流れを示す。また、図３中、一点鎖線の矢印は、エチレンおよびアセチレンの流れを示す。図３中、白抜き矢印は、集光された太陽光を示す。

[0045] 図３に示すように、不飽和炭化水素製造装置３００は、集光装置１１０と、加熱部３２０と、第１熱交換部１３０と、第２熱交換部１４０と、第１分離部１６０と、第２分離部１７０とを含む。また、加熱部３２０は、筐体２１０と、炉室２２０と、伝熱材２２２と、加熱炉３３０と、予熱部２５０と、断熱材２６０を含む。なお、上記不飽和炭化水素製造装置１００と実質的に等しい構成要素については、同一の符号を付して説明を省略する。また、図３中、伝熱材２２２をハッチングで示し、断熱材２６０をクロスハッチングで示す。

[0046] 加熱炉３３０は、原料ガスの、エチレンおよびアセチレンのいずれか一方または両方への反応（例えば、上記反応式（１）に示す反応、または、上記反応式（２）に示す反応）を促進する触媒を収容する。加熱炉３３０は、充填層として触媒を収容する。原料ガスの、エチレンおよびアセチレンのいずれか一方または両方への反応を促進する触媒は、例えば、モリブデン（Ｍｏ）、タングステン（Ｗ）、鉄（Ｆｅ）、バナジウム（Ｖ）、および、クロム（Ｃｒ）の群から選択される１または複数である。

[0047] 加熱炉３３０が触媒を収容することにより、生成ガスを急冷せずとも、エチレンおよびアセチレンの熱分解を抑制することができる。これにより、不飽和炭化水素製造装置１００と比較して、不飽和炭化水素製造装置３００は、冷却部１５０を省略することが可能となる。したがって、不飽和炭化水素製造装置３００は、第２熱交換部１４０による生成ガスの熱回収効率を向上させることができる。

[0048] また、加熱炉３３０が触媒を収容する場合、原料ガス中の水素は、原料ガ

ス中のメタンに対し０．５モル以上であることが好ましく、１モル以上であることがより好ましく、１．５モル以上であることがさらに好ましい。メタンに対して０．５モル以上の水素が導入されることにより、エチレンおよびアセチレンの収率を向上させることができる。

[0049] 以上、添付図面を参照しながら実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0050] 例えば、上記実施形態において、原料ガスが、メタンおよび水素を少なくとも含むガスである場合を例に挙げて説明した。しかし、原料ガスは、メタンおよび酸素を少なくとも含むガスであってもよい。この場合、集光装置１１０は、７００℃以上２０００℃以下に、加熱炉３３０内の原料ガスを加熱してもよい。そうすると、例えば、下記反応式（３）に示す酸化カップリング反応が進行し、原料ガスに含まれるメタンが、エチレンに変換される。

$2nCH_4 + nO_2 \rightarrow nC_2H_4 + 2nH_2O$ …反応式（３）

また、この場合、加熱炉３３０は、上記反応式（３）に示す酸化カップリング反応を促進する触媒を収容する。酸化カップリング反応を促進する触媒は、SrO/La_2O_3、$Mn/Na_2WO_4/SiO_2$、Li/MgO、BaF_2/Y_2O_3、Rb_2WO_4/SiO_2、$La_2O_3-CeO_2$、および、Na_2WO_4/SiO_2の群から選択される１または複数である。

[0051] さらに、原料ガスが、メタンおよび酸素を少なくとも含むガスである場合、原料ガス中のメタンを部分酸化させ、下記反応式（４）に示す反応を進行させて、メタンをアセチレンに変換してもよい。

$2nCH_4 + nO_2 \rightarrow nC_2H_2 + nH_2 + 2nH_2O$ …反応式（４）

この場合、集光装置１１０は、１５００℃程度に、加熱炉２３０内の原料ガスを加熱してもよい。

[0052] また、原料ガスは、エタン（C_2H_6）を少なくとも含むガスであってもよい。この場合、集光装置１１０は、１０００℃以上２０００℃以下に、加熱炉２３０、３３０内の原料ガスを加熱してもよい。そうすると、例えば、下記反応式（５）に示す熱分解（クラッキング）反応が進行し、原料ガスに含まれるエタンが、エチレンに変換される。

$$nC_2H_6 \rightarrow nC_2H_4 + nH_2 \quad \cdots\text{反応式（５）}$$

[0053] さらに、原料ガスは、エタンおよび水素を少なくとも含むガスであってもよい。この場合、集光装置１１０は、１０００℃以上２０００℃以下に、加熱炉２３０、３３０内の原料ガスを加熱してもよい。そうすると、例えば、下記反応式（６）、および、反応式（７）に示す熱分解（クラッキング）反応が進行し、原料ガスに含まれるエタンが、エチレンおよびアセチレンに変換される。

$$nC_2H_6 + 3nH_2 \rightarrow nC_2H_2 + 5nH_2 \quad \cdots\text{反応式（６）}$$

$$nC_2H_6 + 3nH_2 \rightarrow nC_2H_4 + 4nH_2 \quad \cdots\text{反応式（７）}$$

[0054] また、原料ガスは、エタンおよび酸素を少なくとも含むガスであってもよい。この場合、原料ガス中のエタンを部分酸化させ、下記反応式（８）に示す反応を進行させて、エタンをアセチレンに変換してもよい。

$$nC_2H_6 + nO_2 \rightarrow nC_2H_2 + 2nH_2O \quad \cdots\text{反応式（８）}$$

この場合、集光装置１１０は、１５００℃程度に、加熱炉２３０内の原料ガスを加熱してもよい。

[0055] また、上記第実施形態において、加熱炉２３０、３３０は、上部開口２３２から下部開口２３４に向かうに従って流路断面積が漸増する形状である場合を例に挙げて説明した。しかし、加熱炉２３０、３３０は、炉室２２０に配される箇所の流路断面積が、他の流路断面積より小さくてもよい。これにより、加熱炉２３０、３３０は、７００℃以上２０００℃以下の温度環境下の原料ガスの滞留時間を短くすることができる。つまり、滞留時間が短くなり、かつ、流速が高くなることにより、層流対流熱伝達条件から乱流対流熱伝達条件に切り替わり、加熱炉２３０、３３０から原料ガスへの伝熱速度を

高める（急加熱する）ことができる。また、滞留時間が短くなる、つまり、加熱時間が短くなることから、原料ガスが加熱されてから冷却されるまでの時間が短くなる（急冷却することができる）。換言すれば、炉室２２０に配される箇所の流路断面積が、他の流路断面積より小さい加熱炉２３０、３３０とすることにより、原料ガスを急加熱した直後に急冷却させることができる。これにより、急加熱によって生成された生成ガスに含まれるエチレンおよびアセチレンの熱分解の進行を抑制することが可能となる。したがって、生成ガス中のエチレンおよびアセチレンの収率を高めることができる。なお、加熱炉２３０、３３０は、炉室２２０に配される箇所に不活性粒子が充填されることで、流路断面積が狭められるとよい。この場合、加熱炉２３０、３３０の内壁と接触する不活性粒子は、加熱炉２３０、３３０の内壁から熱伝導で加熱される。したがって、原料ガスは、加熱炉２３０、３３０の内壁の表面に加えて、不活性粒子の表面からも加熱されることになる（つまり、伝熱面積が増大する）。これにより、加熱炉２３０、３３０は、原料ガスをさらに急加熱することができる。

[0056] また、上記実施形態において、加熱部１２０、３２０の筐体２１０が、円筒形状である場合を例に挙げて説明した。しかし、加熱部１２０、３２０の筐体２１０の形状に限定はない。さらに、上記実施形態において、筐体２１０は、軸方向が水平方向となるように設けられる場合を例に挙げて説明した。しかし、筐体２１０の設置方向に限定はない。例えば、筐体２１０は、軸方向が水平方向と交差する方向となるように設けられてもよい。

[0057] また、上記実施形態において、炉室２２０に加熱炉２３０、３３０が配され、加熱炉２３０、３３０を通過する原料ガスが間接的に加熱される間接加熱式の加熱部１２０、３２０を例に挙げて説明した。しかし、不飽和炭化水素製造装置１００、３００は、気密性を有する採光窓２１２を備え、炉室２２０の内部に原料ガスが直接導入されることによって、原料ガスが直接的に加熱される直接加熱式の加熱部を備えてもよい。

[0058] また、上記実施形態において、ヘリオスタット１１２と、放物曲面鏡１１

４とを備える集光装置１１０を例に挙げて説明した。しかし、集光装置１１０は、太陽光を集光させて太陽熱を発生させることが可能であれば、その種類や構成に限定はない。例えば、集光装置１１０は、タワー型の集光装置であってもよい。

[0059] また、上記実施形態において、加熱炉２３０、３３０の加熱源として、集光装置１１０を例に挙げて説明した。しかし、加熱炉２３０、３３０の加熱源は、集光装置１１０に限定されない。加熱炉２３０、３３０の加熱源として、集光装置１１０に代えて、または、加えて、燃焼装置や、電気ヒータ等が用いられてもよい。そして、曇天、雨天等の集光装置１１０の機能が低下する間、加熱炉２３０、３３０の加熱源は、燃焼装置または電気ヒータに切り換えられてもよい。なお、燃焼装置は、原料ガス、または、第１分離部１６０によって分離された水素を燃焼させてもよい。

[0060] また、上記実施形態において、不飽和炭化水素製造装置１００、３００は、予熱部２５０を備える構成を例に挙げて説明した。しかし、予熱部２５０は、必須の構成ではない。

[0061] また、上記実施形態において、不飽和炭化水素製造装置１００、３００は、第１熱交換部１３０を備える構成を例に挙げて説明した。しかし、第１熱交換部１３０は、必須の構成ではない。

[0062] また、上記実施形態において、不飽和炭化水素製造装置１００、３００は、第２熱交換部１４０を備える構成を例に挙げて説明した。しかし、第２熱交換部１４０は、必須の構成ではない。

[0063] また、上記実施形態において、加熱炉２３０、３３０、および、予熱部２５０が鉛直方向に延在する場合を例に挙げて説明した。しかし、加熱炉２３０、３３０、および、予熱部２５０のうちいずれか１または複数は、鉛直方向と交差する方向（例えば、水平方向）に延在してもよい。

[0064] また、上記実施形態において、第２分離部１７０がマイクロ多孔性金属－有機フレームワーク材料を含む構成を例に挙げて説明した。しかし、第２分離部１７０は、生成ガスからエチレンまたはアセチレンを分離できれば構成

に限定はない。第２分離部１７０は、例えば、アセチレンを溶解する吸収剤を含んでもよい。

[0065] また、冷却部１５０によって回収された熱で原料ガスが予熱されてもよい。

[0066] また、第１分離部１６０によって分離された水素が、原料ガスとして利用されてもよい。

産業上の利用可能性

[0067] 本開示は、不飽和炭化水素製造装置に利用することができる。

符号の説明

[0068] １００：不飽和炭化水素製造装置　１１０：集光装置　１３０：第１熱交換部　１４０：第２熱交換部　１５０：冷却部　１７０：第２分離部（分離部）　２３０：加熱炉　２５０：予熱部　３００：不飽和炭化水素製造装置　３３０：加熱炉

請求の範囲

[請求項1] 太陽光を集光して太陽熱に変換する集光装置と、

メタンと水素、メタンと酸素、および、エタンの群のうちいずれかを少なくとも含む原料ガスを、前記集光装置によって発生させた太陽熱で７００℃以上２０００℃以下に加熱する加熱炉と、

を備える不飽和炭化水素製造装置。

[請求項2] 前記加熱炉で生成された生成ガスを６００℃以下まで急冷する冷却部を備える請求項１に記載の不飽和炭化水素製造装置。

[請求項3] 前記加熱炉は、前記原料ガスの、エチレンおよびアセチレンのいずれか一方または両方への反応を促進する触媒を収容する請求項１に記載の不飽和炭化水素製造装置。

[請求項4] 前記加熱炉から放出された熱で前記原料ガスを予熱する予熱部を備える請求項１から３のいずれか１項に記載の不飽和炭化水素製造装置。

[請求項5] 前記加熱炉で生成された生成ガスと、前記原料ガスとを熱交換させる第１熱交換部を備え、

前記予熱部には、前記第１熱交換部で熱交換された前記原料ガスが導入される請求項４に記載の不飽和炭化水素製造装置。

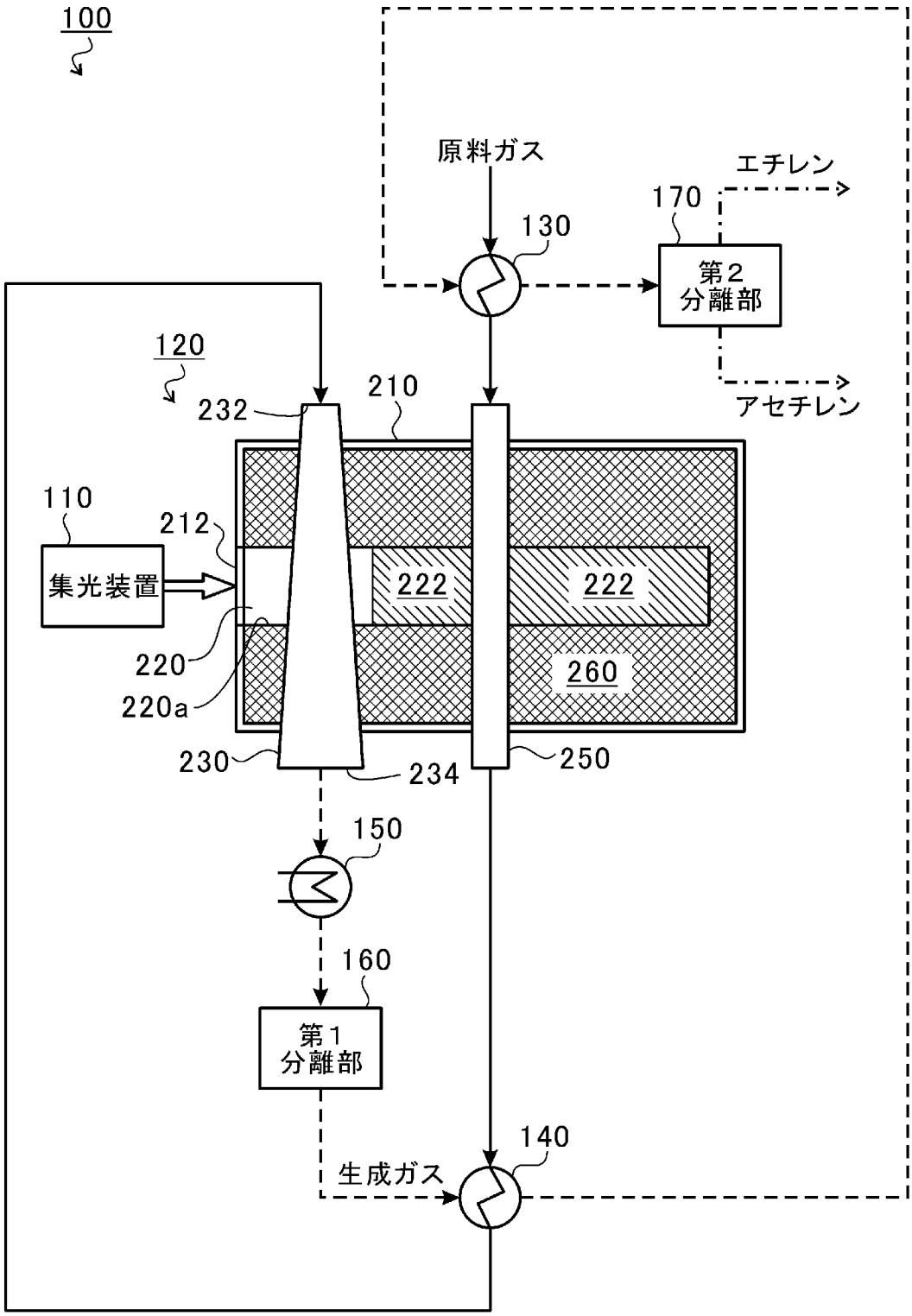
[請求項6] 前記加熱炉で生成された生成ガスと、前記予熱部によって予熱された前記原料ガスとを熱交換させる第２熱交換部を備える請求項４または５に記載の不飽和炭化水素製造装置。

[請求項7] 前記加熱炉で生成された生成ガスからエチレンまたはアセチレンを分離する分離部を備える請求項１から６のいずれか１項に記載の不飽和炭化水素製造装置。

[請求項8] 前記加熱炉は、前記原料ガスを１０００℃以上１２００℃以下に加熱する請求項１から７のいずれか１項に記載の不飽和炭化水素製造装置。

[図1]

FIG.1


100
原料ガス
エチレン
170
130
第2
分離部
120
210
232
アセチレン
110
212
集光装置
222
222
220
260
220a
230
234
250
150
160
第1
分離部
140
生成ガス

[図2]

FIG.2A

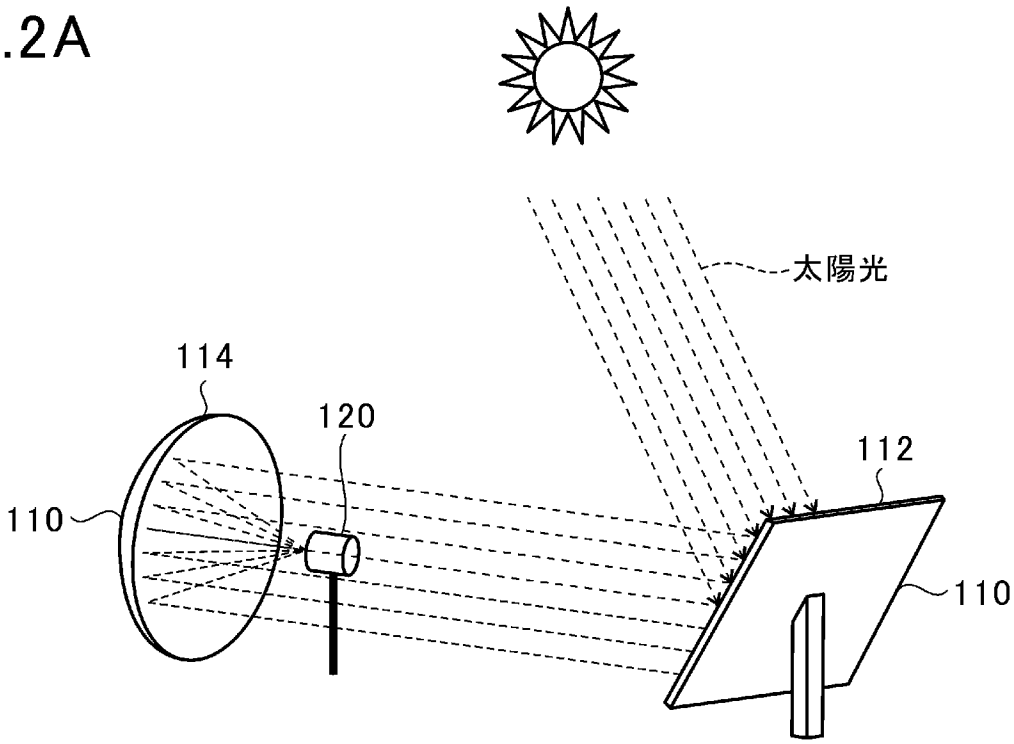
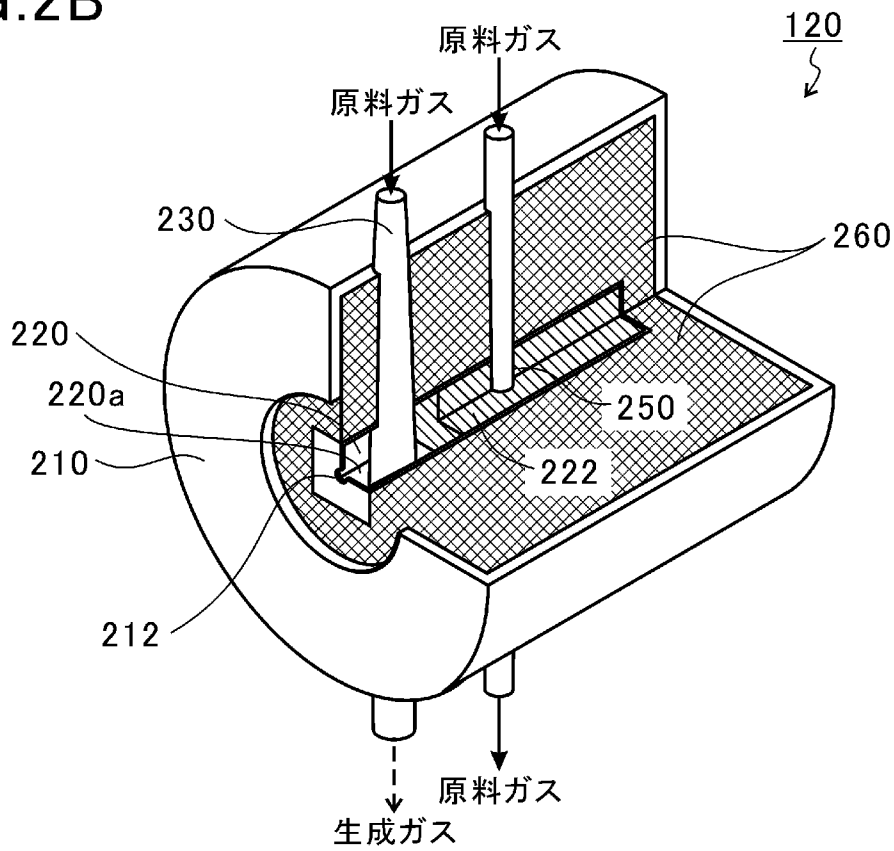
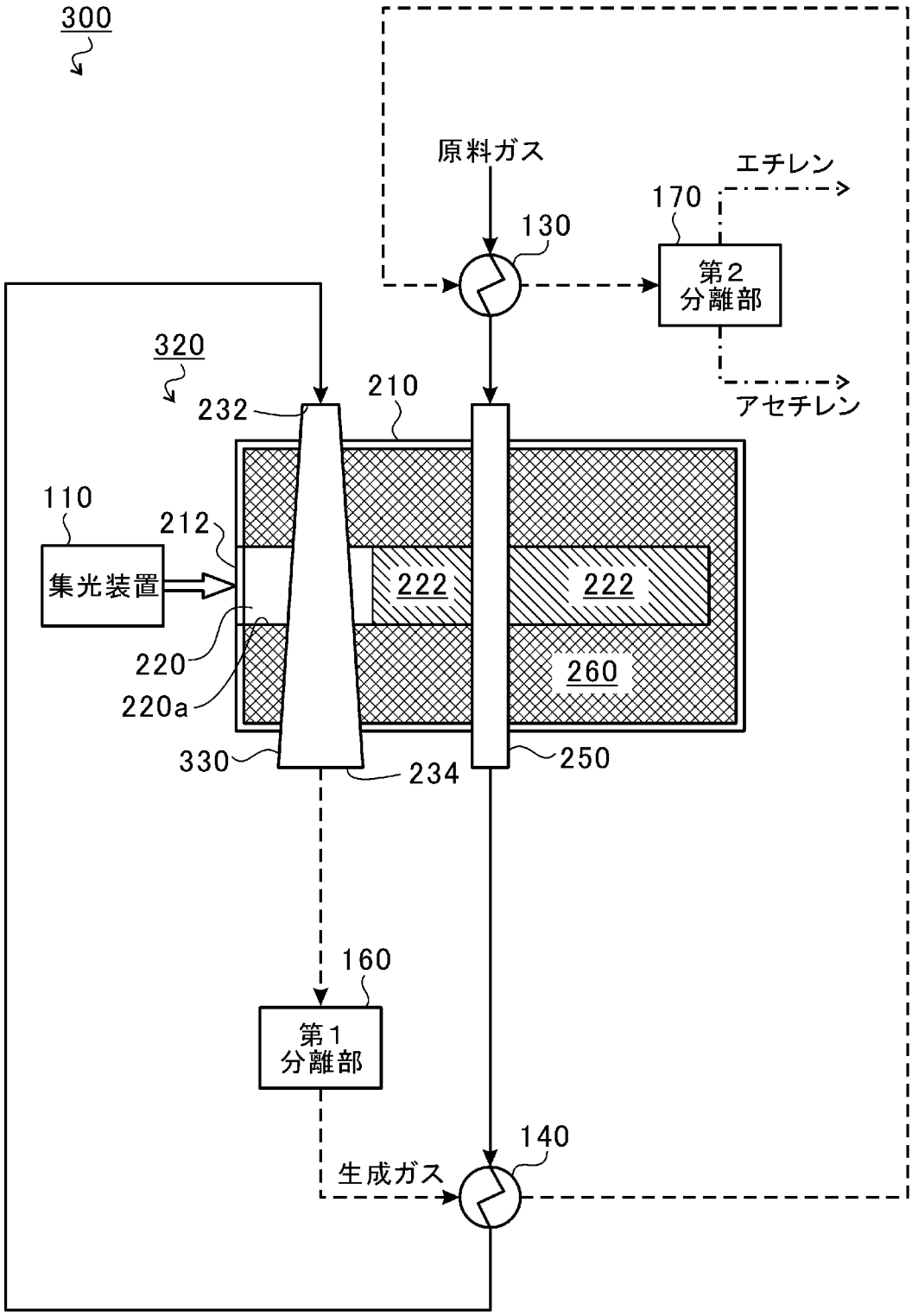


FIG.2B



[図3]

FIG.3


300
原料ガス
エチレン
170
130
第2
分離部
320
210
232
アセチレン
110
212
集光装置
222
222
220
260
220a
330
234
250
160
第1
分離部
140
生成ガス

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/006331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. C07C2/82(2006.01)i, C01B3/26(2006.01)i, C01B32/16(2017.01)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)
Int. Cl. C07C2/82, C01B3/26, C01B32/16

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-303184 A (MURATA MFG. CO., LTD.) 18 December 2008, claims, paragraph [0034] (Family: none)	1-8
Y	JP 2006-522081 A (INNOVENE EUROPE LIMITED) 28 September 2006, claims, paragraphs [0006], [0044], [0049] & US 2006/0205989 A1, claims, paragraphs [0006], [0047], [0052] & GB 307759 D & WO 2004/087626 A1 & EP 1608607 A1	1-8
Y	JP 2015-196619 A (IHI CORP.) 09 November 2015, claims, paragraphs [0050]-[0052], fig. 2 (Family: none)	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
"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	Date of mailing of the international search report
15.04.2019	07.05.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/006331

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-526759 A (BASF SE) 05 August 2010, claims & US 2010/0305221 A1, claims & WO 2008/138899 A1 & EP 2146926 A1 & CN 101679031 A & KR 10-2010-0017757 A	1-8
Y	JP 2005-515295 A (SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B. V.) 26 May 2005, claims, paragraph [0037] & US 2005/0148806 A1, claims, paragraph [0057] & WO 2003/062352 A2 & EP 1468061 A2 & CN 1620493 A & KR 10-2004-0075928 A	2-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／００６３３１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C07C2/82(2006.01)i, C01B3/26(2006.01)i, C01B32/16(2017.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C07C2/82, C01B3/26, C01B32/16

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580（JDreamIII）

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 2008-303184 A（株式会社村田製作所）2008.12.18, 特許請求の範囲,[0034]（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2006-522081 A（イノビーン　ヨーロッパ　リミテッド）2006.09.28, 特許請求の範囲,[0006],[0044],[0049] & US 2006/0205989 A1:claims,[0006],[0047],[0052] & GB 307759 D & WO 2004/087626 A1 & EP 1608607 A1	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
「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	国際調査報告の発送日
１５．０４．２０１９	０７．０５．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｈ　５２７５
佐溝　茂良
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４４３

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
Y	JP 2015-196619 A (株式会社ＩＨＩ) 2015.11.09, 特許請求の範囲,[0050]-[0052],[図2] (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2010-526759 A (ビーエーエスエフ　ソシエタス・ヨーロピア) 2010.08.05, 特許請求の範囲 & US 2010/0305221 A1:claims & WO 2008/138899 A1 & EP 2146926 A1 & CN 101679031 A & KR 10-2010-0017757 A	1-8
Y	JP 2005-515295 A (シエル・インターナシヨネイル・リサーチ・マーチヤツピイ・ベー・ウイ) 2005.05.26, 特許請求の範囲,[0037] & US 2005/0148806 A1:claims,[0057] & WO 2003/062352 A2 & EP 1468061 A2 & CN 1620493 A & KR 10-2004-0075928 A	2-6