



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109803923 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(21)申请号 201780062669.5

(22)申请日 2017.06.28

(30)优先权数据

2016-205538 2016.10.19 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.10

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2017/023704 2017.06.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/074009 JA 2018.04.26

(71)申请人 国立研究开发法人物质・材料研究
机构

地址 日本国茨城县

(72)发明人 川村史朗 谷口尚

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 张玉玲

(51)Int.Cl.

C01C 1/04(2006.01)

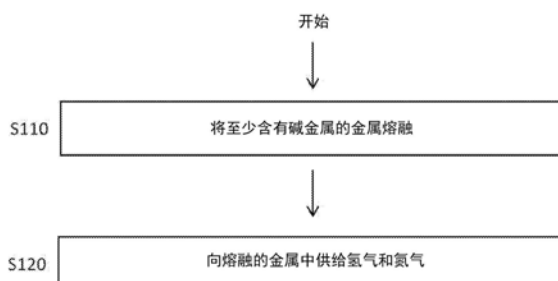
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

合成氨的方法及其装置

(57)摘要

提供一种合成氨的方法及其装置。本发明的合成氨的方法,包括将至少含有碱金属的金属熔融的步骤、和向熔融的金属中供给氢气和氮气的步骤。



1. 一种方法,其是合成氨的方法,包括
将至少含有碱金属的金属熔融的熔融步骤、和
向所述熔融的金属中供给氢气和氮气的供给步骤。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述碱金属是选自锂、钠、钾、铷、铯和铕中的至少一个金属。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述碱金属至少含有钠。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述氢气和所述氮气以体积比计满足2:98~98:2的范围。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述氢气和所述氮气以体积比计满足25:75~90:10的范围。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述供给步骤在1个大气压以上且低于200个大气压的范围的压力下进行。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述供给步骤在1个大气压以上且低于20个大气压的范围的压力下进行。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,还包括冷却在所述供给步骤中生成的气体,并加以捕集的步骤。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述熔融步骤中,在高于530℃并在600℃以下的温度范围使所述金属熔融,
并且所述供给步骤在1个大气压的压力下进行。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述熔融步骤中,使所述金属熔融,并搅拌所述熔融的金属。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,在所述供给步骤中,以气泡状供给所述氢气和所述氮气。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,还包括回收蒸发的所述碱金属和/或所述碱金属与所述氢气的反应产物的步骤。
13. 一种装置,其是合成氨的装置,具备:
保存至少含有碱金属的金属的容器;
加热所述容器,并使保存在所述容器内的金属熔融的加热机构;和
向经过所述加热而熔融的所述金属中供给氢气和氮气的气体供给机构。
14. 根据权利要求13所述的装置,其中,还具备搅拌所述熔融的金属的搅拌机构。
15. 根据权利要求14所述的装置,其中,还具备使所述氢气和所述氮气呈气泡状的起泡机构。
16. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述容器被收容在控制所述容器内的压力的高压装置内。
17. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述容器由氮化硼制成。
18. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述加热机构从电阻加热、聚光加热、高频加热和燃烧加热所构成的群中选择。
19. 根据权利要求13所述的装置,其中,具备用于捕集氨的至少一个以上的回收槽。
20. 根据权利要求19所述的装置,其中,所述一个以上的回收槽之一是回收蒸发的所述

碱金属和/或所述碱金属与所述氢气的反应产物的回收槽。

合成氨的方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及合成氨的方法及其装置。

背景技术

[0002] 氨是在化学肥料、火药、药物等方向被非常广泛使用的重要的化学物质之一。氨的生产量以化学肥料用途为中心，一年达到1亿6千万吨，现在还在持续增加。此外近年来，面向低碳社会的实现，以氢作为基础设施使用的举动活跃，但是，因为氢的贮存和搬运不容易，所以变氢为氨的举动盛行。除此之外，也通过氨的直接燃烧进行发电等，氨的用途极为广泛。

[0003] 这样的氨通过哈伯法以工业水平被广泛制造。哈伯法是使用双促进铁催化剂，使氢和氮在400℃~600℃、200个大气压~400个大气压的高压条件下发生反应而合成氨的方法（例如，参照非专利文献1）。但是，因为需要在超过200个大气压的高压下合成，所以需要可以达到高压的高价的装置，制造成本高。

[0004] 另一方面，已知有将碱金属用于催化剂而制造氮化镓单晶的技术（例如，参照专利文献1和非专利文献2）。根据专利文献1和非专利文献2，氮气通过与熔融的碱金属接触，氮成为氮自由基或氮离子，反应性提高，可利用这一点制造氮化镓单晶。但是，将这样的认知应用于氮化镓单晶的制造以外的技术并未受到研究。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1：国际公开第2004/083498号

[0008] 非专利文献

[0009] 非专利文献1：江崎正直，科学网，第27号，2006年，9月，第6—9页

[0010] 非专利文献2：F.Kawamura等，Journal of Materials Science:Materials in Electronics,16,2005,29—34

发明内容

[0011] 本发明的课题在于，提供一种新的合成氨的方法及其装置。特别是提供一种与需要在高压下进行合成的现有方法相比，即使在较低的压力下，优选在大气压（本申请中也称为“1个大气压的压力”）下也可以合成氨的方法及其装置。

[0012] 本申请发明者们，鉴于上述课题进行了锐意研究，其结果发现，碱金属可以作为合成氨时的催化剂发挥作用，意外的是在大气压下也可以进行氨的合成。

[0013] 本发明的合成氨的方法，包括如下步骤：将至少含有碱金属的金属熔融的熔融步骤；和向所述熔融的金属中供给氢气和氮气的供给步骤，由此来解决上述课题。

[0014] 所述碱金属也可以是选自锂、钠、钾、铷、铯和铟中的至少一个金属。其中特别优选至少含有钠。

[0015] 所述碱金属也可以至少含有钠。

[0016] 所述氢气和所述氮气也可以满足2:98(体积比)~98:2(体积比)的范围(2:98(体积比)以上且98:2(体积比)以下的范围)。

[0017] 所述氢气和所述氮气也可以满足25:75(体积比)~90:10(体积比)的范围(25:75(体积比)以上且90:10(体积比)以下的范围)。

[0018] 所述供给步骤也可以在1个大气压以上且低于200个大气压的范围的压力下进行。

[0019] 所述供给步骤也可以在1个大气压以上且低于20个大气压的范围的压力下进行。

[0020] 本发明的氨的合成法中,也可以还包括冷却所述供给步骤中生成的气体,并进行捕集的步骤。

[0021] 所述熔融步骤也可以在高于530℃并在600℃以下的温度范围使所述金属熔融,并且所述供给步骤也可以在1个大气压的压力下进行。

[0022] 所述熔融步骤也可以在使所述金属熔融,并搅拌所述熔融的金属。另外,所述熔融步骤的压力,在本发明的范围内没有特别限制,也可以在1个大气压的压力下进行。

[0023] 在所述供给步骤中,也可以气泡状供给所述氢气和所述氮气。

[0024] 本发明的氨的合成法中,也可以还包括回收该合成过程中蒸发的所述碱金属和/或所述碱金属与所述氢气的反应产物的步骤。

[0025] 本发明的合成氨的装置,具备如下机构:保存至少含有碱金属的金属的容器;加热所述容器而使保存在所述容器内的金属熔融的加热机构;和向经过所述加热而熔融的所述金属中供给氢气和氮气的气体供给机构,由此来解决上述课题。

[0026] 本发明的氨的合成装置,也可以还具备搅拌熔融的所述金属的搅拌机构。

[0027] 本发明的氨的合成装置,也可以还具备使所述氢气和所述氮气呈气泡状的起泡机构。

[0028] 所述容器也可以被收容在控制所述容器内的压力的高压装置内。

[0029] 所述容器也可以由氮化硼制成。

[0030] 所述加热机构也可以从电阻加热、聚光加热、高频加热和燃烧加热所构成的群中选择。

[0031] 本发明的氨的合成装置,也可以具备用于捕集氨的至少一个以上的回收槽。

[0032] 也可以用所述1个以上的回收槽之一回收氨的合成过程中蒸发的所述碱金属和/或所述碱金属与所述氢气的反应产物。

[0033] 本发明的合成氨的方法由于通过至少将碱金属用于催化剂,即使在大气压下也能够合成氨,因此不再需要在200个大气压以上的高压下进行合成的现有法中所需要的特殊的高压装置,从而能够降低制造成本。此外,由于至少将碱金属用于催化剂,致使氧和水这样的杂质容易与该催化剂反应而被除去,因此能够合成高纯度的氨。

[0034] 本发明的合成氨的装置,具备容器、加热机构和气体供给机构。该容器只要至少保存碱金属即可,不需要是在高压下进行合成的现有法所需要的高耐压容器,因此不必使用高压装置便能够合成氨,因此能够降低装置的成本。

附图说明

[0035] 图1是表示本发明的合成氨的步骤的流程图。

[0036] 图2是表示本发明的合成氨的装置的示意图。

- [0037] 图3是表示实施例1中使用的合成氨的装置的示意图。
- [0038] 图4是表示实施例1中,由第一回收槽回收的水溶液的离子色谱分析结果的图。
- [0039] 图5是表示实施例1中,由第二回收槽回收的水溶液的离子色谱分析结果的图。
- [0040] 图6是表示实施例2中,由第二回收槽回收的水溶液的离子色谱分析结果的图。

具体实施方式

[0041] 以下,一边参照附图,一边说明本发明的实施的方式。还有,对同样的要素附加同样的编号,并省略其说明。

[0042] 图1是表示本发明的合成氨的步骤的流程图。

[0043] 在“步骤S110”中,熔融至少含有碱金属的金属。

[0044] 在此,碱金属是选自锂、钠、钾、铷、铯和钫中的至少一个金属。从获取和处理的便利性出发,碱金属优选为选自锂、钠和钾中的至少一个金属。更优选碱金属中至少含有钠。由此,熔融的金属能够确实地作为氨合成的催化剂发挥作用。碱金属本身因为与原料气体中的氧和水等的杂质的反应性优异,所以能够合成高纯度的氨。

[0045] 金属只要至少含有碱金属即可,但除了碱金属以外,例如,也可以含有镓和铟这样的金属。含有镓和铟时,能够期待抑制熔融的金属中所含有的上述碱金属(特别是钠)的蒸发这样的效果。金属中的上述碱金属的含量(体积%)为30体积%以上即可。若低于30体积%,则作为碱金属的催化剂的作用会降低,有不能充分生成氨的情况。

[0046] 在步骤S110中,使金属熔融的加热温度,依存于所选择的金属的熔点,例示来说,如果加热到100℃以上且880℃以下,优选加热到400℃以上且700℃以下的温度范围,则熔融。

[0047] 在步骤S110中,也可以在使金属熔融,并搅拌熔融的金属。由此,熔融的金属中发生流动,后述的步骤S120中所供给的氢气和氮气成为小泡泡,能够提高氨的产生效率。

[0048] 在“步骤S120”中,向熔融的金属中供给氢气和氮气。由此,至少含有碱金属的金属与氮气接触,氮气被自由基化或离子化,从而活化。活化的氮(氮自由基(N^*)或氮离子(N^{3-}))与氢气反应,不需要进行压力控制,即使在大气压下也能够合成氨。这时的反应式如下。

[0049] $N_2 \rightarrow 2N^*$ 或 $N_2 \rightarrow 2N^{3-}$

[0050] $3H_2 + 2N^* \rightarrow 2NH_3$ 或 $3H_2 + 2N^{3-} \rightarrow 2NH_3 + 6e^-$

[0051] 氢气和氮气按照以体积比计满足2:98~98:2的范围的方式被供给。由此,氨被合成。优选氢气和氮气按照以体积比计满足25:75~90:10的范围的方式被供给。由此,氨被有效地合成。氢气和氮气可以混合供给,也可以由分别的供给源供给。

[0052] 供给的氢气和氮气优选为纯度高,但即使作为杂质而含有氧和水,因为容易与金属中的碱金属反应,杂质也会被除去,所以根据本发明的合成氨的方法,可以合成高纯度氨。所供给的氢气和氮气的纯度,只要气体中的氢和氮的合计纯度为97%以上即可。

[0053] 所供给的气体的流量没有特别限制,但流量越大,氨的合成速度越快。流量根据装置的规模,由本领域技术人员适宜设定即可。

[0054] 优选在步骤S110中,以搅拌熔融金属的状态,在步骤S120中,使氢气和氮气呈气泡状供给。由此,所供给的气泡状的气体与流动的熔融金属接触,从而成为纳米至微米级的极

微细的气泡(以后也会仅称为“微气泡(fine bubble)”)。通过成为这样的微气泡,气泡内的内压上升,因此上述的反应促进。另外,通过成为微气泡,不仅与熔融金属反应的表面积增大,而且熔融金属中的微气泡的停留时间也变长,因此整体的反应效率提高。

[0055] 在步骤S120中,即使在大气压下供给气体也可以进行氨的合成,但也可以在1个大气压以上且低于200个大气压的范围的压力下供给气体。由此,氨的合成被进一步促进。优选在1个大气压以上且20个大气压以下的范围的压力下供给气体。由此,不再需要在高压下进行合成的现有方法中所需要的特殊的高压装置,因此能够低成本而高效地合成氨。更优选在高于1个大气压并在20个大气压以下的范围的压力下供给气体。

[0056] 还有,如果在步骤S110中,以高于530℃并在600℃以下的温度范围内加热金属,且在步骤S120中,在1个大气压的压力下供给氢气和氮气,则即使碱金属与氢气反应而生成碱金属的氢化物,因为该氢化物被分解,所以也能够抑制其发生。特别是碱金属为钠时有效。另外,如果是高于1个大气压并在20个大气压以下这种程度的压力下,则即便使上限为700℃以下,也能够有效地合成氨。这是因为随着压力的上升,钠的蒸发受到抑制,并且能够抑制合成的氨的分解。

[0057] 如此,步骤S110的金属的加热温度和步骤S120的压力,优选以抑制选择的金属的蒸发和合成的氨的分解的方式,分别在100℃以上、880℃以下的温度范围内和1个大气压以上且低于200个大气压的压力范围内适宜设定。

[0058] 继步骤S120之后,也可以还包含冷却生成的气体,并进行捕集的步骤。氨作为气体被合成,但生成的气体中,除了氨以外,还含有未反应的氢气和/或氮气。如果冷却含有这些的气体,则氨成为液体被提取。

[0059] 继步骤S120之后,或在先前的捕集步骤的同时,或与先前的捕集步骤区分,也可以设置回收蒸发的碱金属和/或碱金属与氢气的反应产物(具体来说,就是碱金属的氢化物)的步骤。例如,熔融金属其一部分气化(蒸发),会在合成的气体中含有,但如果由冷阱等将气体冷却至大约200℃以下,则只有金属成分成为液体而被捕集・回收,因此能够得到更高纯度的氨。还有,液体的金属和液体的氨因为比重不同,所以不会混合而能够很容易地分离。例如,因为碱金属的氢化物是粉末,所以能够通过过滤等加以分离。

[0060] 接着,对于本发明的合成氨的装置进行说明。

[0061] 图2是表示本发明合成氨的装置的示意图。

[0062] 本发明的合成氨的装置200具备如下:保存至少含有碱金属的金属201的容器210;加热容器210而使保存在容器210内的金属201熔融的加热机构220;和向熔融的金属201中供给氢气和氮气的气体供给机构230。金属201如参照图1说明的那样,因此省略说明。

[0063] 容器210优选为与金属201没有反应性,或反应性低的材料。例示来说,有选自氮化硼(BN)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化钙(CaO)和氧化钇(Y_2O_3)的无机材料,或者铁、钛、铬或含有这些的金属。它们与金属201没有反应性或反应性低。其中,为了不易发生开裂而更优选氮化硼(BN)。

[0064] 加热机构220只要是加热容器210并能够使金属201熔融的机构,便没有特别限制,例示来说,从电阻加热、聚光加热、高频加热和燃烧加热所构成的群中选择。这些加热机构由于市场有售,所以容易获取,并且能够加热至1000℃左右,且至少使碱金属熔化。

[0065] 容器210也可以收容在控制容器210内的压力的高压装置(未图示)内。由此能够将

容器210内的压力控制在1个大气压以上且低于200个大气压的范围,因此氨的合成进一步被促进。

[0066] 装置200优选还具备搅拌机构(未图示),其对于被加热机构220熔融的金属201进行搅拌。例示来说,搅拌机构为使容器210发生振动的旋转振动机,配置在熔融的金属201内的搅拌叶片、搅拌棒等。由此,熔融的金属201发生流动,从气体供给机构230供给的氢气和氮气成为小泡泡,能够提高氨的产生效率。例如,使用搅拌叶片时,能够通过物理性地切割所供给的气体而使之成为小泡泡。

[0067] 装置200优选还具备以气泡状供给氢气和氮气的起泡机构(未图示)。起泡机构只要是能够向熔融的金属201中,作为微细的气泡而喷出上述的氢气和氮气的起泡器,或者使熔融的金属201中发生的氢气和氮气的气泡进一步微细化的机构,便没有特别限制。例如,如果起泡机构是起泡器,则也可以设于气体供给机构230。通过使用这样的起泡机构,气泡状的氢气和氮气与流动的熔融金属201接触,成为纳米至微米级的极微细的气泡(微气泡)。通过成为这样的微气泡,气泡内的内压上升,因此上述的反应促进。另外,通过成为微气泡,不仅与熔融的金属反应的表面积增大,而且熔融的金属中的微气泡的停留时间也变长,因此整体的反应效率提高。

[0068] 装置200利用上述的构成合成氨,但为了捕集成成的氨、气化的金属、碱金属与氢气的反应产物(碱金属的氢化物),也可以还具备至少1个以上的回收槽(未图示)。例如,在图2中,具备捕集成成的气体的捕集管240,但捕集管240也可以与回收槽(未图示)连接。在合成的气体中,除了氨以外,还含有未反应的氢气、氮气、气化的金属。将含有这些的气体在回收槽(未图示)中冷却,根据需要过滤,如果过滤或加压,则能够作为单体提取氨。另外,回收的金属等也可以再利用。

[0069] 如上述,本发明的合成氨的方法和装置,通过至少将碱金属用于催化剂,即使在大气压下也能够合成氨,不再需要在高压下进行合成的现有方法中所要求的这种特殊的高压装置,能够降低制造成本和装置的成本。此外,通过至少将碱金属用于催化剂,氧和水这样的杂质容易与该催化剂反应,从而能够合成高纯度的氨。

[0070] 接下来使用具体的实施例详述本发明,但要留意的是,本发明并不受实施例限定。

[0071] 实施例

[0072] [实施例1]

[0073] 在实施例1中,作为碱金属使用钠(Na),合成氨。

[0074] 图3是表示实施例1中使用的合成氨的装置的示意图。

[0075] 装置300具备如下:至少作为碱金属而保存钠(Na)的作为容器的氮化硼制坩埚(BN坩埚)310;作为加热BN坩埚310的加热机构的电气管状炉320;和向钠中混合氢气和氮气并进行供给的气体供给机构330。气体供给机构330与氢气和氮气的气瓶(未图示)连接。

[0076] BN坩埚310被收容于氮化硼制壳体301中,氮化硼制壳体301又被收容于石英管302中。收容有BN坩埚310的石英管302载置于绝热材303上,其上部也被绝热材304固定。从气体供给机构330供给的氢气和氮气与起泡管连接,被供给到钠中。

[0077] 装置300还具备捕集生成的气体的捕集管340。在捕集管340上,为了以多阶段进行捕集,而连接有第一回收槽350和第二回收槽360。在此,在第一回收槽350和第二回收槽360中收容有纯水,使氨溶解于纯水而进行捕集。

[0078] 说明具体的顺序。在BN坩埚310中封入金属钠(METAUX SPECIAUX制,纯度99.99%,20g),加热至570℃,使之熔融(图1的步骤S110)。加热熔融后,向熔融的钠中供给氢气和氮气(图1的步骤S120)。氢气和氮气的纯度分别为99.9%和99.9%。作为杂质,包含氧和水。氢气和氮气以满足氢气:氮气=4:96(体积比)的方式被供给。氢气和氮气的混合气体的气体流量为400sccm,供给时间为20分钟。BN坩埚310内的压力是大气压(1个大气压)。

[0079] [表1]

[0080]

实施例	碱金属	加热温度(℃)	氢:氮(体积比)	压力(气压)
实施例1	Na	570	4:96	1

[0081] 表1:实施例1的氨的合成条件

[0082] 表1中为了简单而显示实验条件。这时,熔融的钠为催化剂,进行以下的反应式,氨被合成。

[0083] $N_2 \rightarrow 2N^*$ 或 $N_2 \rightarrow 2N^{3-}$

[0084] $3H_2 + 2N^* \rightarrow 2NH_3$ 或 $3H_2 + 2N^{3-} \rightarrow 2NH_3 + 6e^-$

[0085] 接着,经由捕集管340,在第一回收槽350和第二回收槽360的纯水中,捕集起泡后被排出的气体。对于从各个回收槽回收的水溶液进行离子色谱分析。结果显示在图4和图5中。

[0086] 图4是表示从第一回收槽回收的水溶液的离子色谱分析的结果的图。

[0087] 图5是表示从第二回收槽回收的水溶液的离子色谱分析的结果的图。

[0088] 图4和图5中均可确认到表示氨发生,并溶解于水的情况的 NH_4^+ 离子的峰。据此揭示出,根据本发明的图1所示的方法和装置,碱金属为催化剂,氮自由基或氮离子生成,利用其高反应性,即使在大气压下也能够合成氨。

[0089] 根据图4,可显示 Na^+ 的显著的峰和 NH_4^+ 的峰。由此可知,在从第一回收槽350回收的水溶液中,在含有氨的同时,还大量包含蒸发的钠。另一方面,根据图5,可显示 Na^+ 的很微小的峰、和 NH_4^+ 的明显的峰。由此揭示出,通过多阶段捕集,蒸发的钠的大部分在第一回收槽350被除去,在从第二回收槽360回收的水溶液中,氨被大量捕集。

[0090] 还有,可知从第一回收槽350和第二回收槽360回收的各水溶液中的氧杂质的浓度在测量极限以下。由此揭示出,根据本发明的图1所示的方法和装置,通过将碱金属作为催化剂,能够合成高纯度的氨。

[0091] [实施例2]

[0092] 在实施例2中,作为碱金属使用钠(Na)合成氨,但为了确认蒸发的钠的影响,在实施例1所用的装置中,有如下两点与实施例1的装置不同,即,在第一回收槽350(图3)之前,设置用于回收气化的Na的Na冷阱(未图示),以及在第二回收槽360中收容甲磺酸液。另外,氨的合成与实施例1为同样的条件,但使混合气体的气体流量为200sccm,供给时间为20分钟,使温度为500℃、530℃、560℃、590℃和620℃。为了简单,在表2中显示实验条件。

[0093] [表2]

[0094]

条件	碱金属	加热温度(℃)	氢:氮(体积比)	压力(气压)
条件1	Na	500	4:96	1

条件2	Na	530	4:96	1
条件3	Na	560	4:96	1
条件4	Na	590	4:96	1
条件5	Na	620	4:96	1

[0095] 表2:实施例2的氨的合成条件

[0096] 与实施例1同样,经由捕集管340在第二回收槽360的甲磺酸液中捕集起泡后排出的气体。对于从回收槽回收的水溶液进行离子色谱分析。结果显示在图6中。

[0097] 图6是表示从第二回收槽回收的水溶液的离子色谱分析的结果的图。

[0098] 根据图6可确认到:表示无论在哪种条件下均有氨发生,并溶解于第二回收槽360的回收液的情况的 NH_4^+ 离子的峰。由此揭示出,根据本发明的图1所示的方法和装置,碱金属作为催化剂,氮自由基或氮离子生成,利用其高反应性,即使在大气压下也能够合成氨。

[0099] 应该注意的是,尽管设有Na冷阱,但如条件1、2这样温度为530℃以下时,仍显示出 Na^+ 的显著的峰。该情况表示除了蒸发的钠以外,还有氢化钠发生。另一方面,若像条件3、4这样温度高于530℃,则 Na^+ 的峰实质上消失。该情况表示如果在高于530℃的温度范围,则氢化钠分解,氢化钠的生成受到抑制。还有,在条件5的温度620℃(未图示)时,可见 Na^+ 的峰再度上升,但这被认为是由于气化(蒸发)的钠在530℃以下的合成装置内的低温部与未反应的氢发生反应,生成了氢化钠。因此,如果考虑Na的蒸发,则可以说将600℃作为上限。

[0100] [实施例3]

[0101] 在实施例3中,在实施例2的装置上设置搅拌叶片作为搅拌机构、以及设置由多孔质陶瓷制成的起泡器作为起泡机构,在与实施例2的条件3相同的条件下合成氨。经由起泡器供给氢气和氮气时,可目视确认有微细的气泡形成。另外,与实施例2的条件3的结果比较,实施例3的 NH_4^+ 离子的峰强度增大(未图示)。

[0102] 由以上显示,能够在1个大气压(atm)下合成氨,这时,由于处在高于530℃并在600℃以下的温度范围,也能够抑制碱金属的氢化物的发生。因此展示出的是,例如,不使用现有法这样特殊的高压装置也可以合成氨、以及能够省略回收碱金属的氢化物的回收槽。另外展示出,这些效果能够通过使用作为碱金属而特别容易获取和处理的钠来取得。此外还展示出,通过搅拌熔融金属,使供给气体呈气泡状而进行供给,氨的合成促进。

[0103] 产业上的可利用性

[0104] 本发明的合成氨的方法,相对于以哈伯法进行的氨合成而言,即使在大气压下,也能够高效地合成氨,因此能够以低成本提供氨。本发明的方法和装置,能够在需要氨的各种领域(借助氨的氢贮存·运输、利用氨的燃料电池和燃气涡轮的燃料气体供给源、化学品合成、肥料等)中使用。

[0105] 符号的说明

[0106] 200、300 合成氨的装置

[0107] 201 碱金属

[0108] 210、310 容器

[0109] 220、320 加热机构

[0110] 230、330 气体供给机构

[0111] 240、340 捕集管

[0112] 350 第一回收槽

[0113] 360 第二回收槽

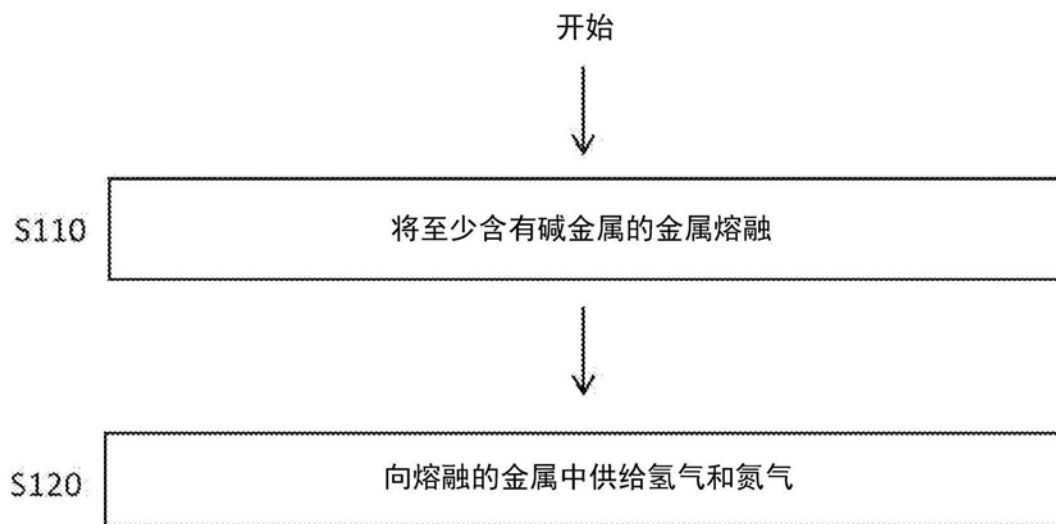


图1

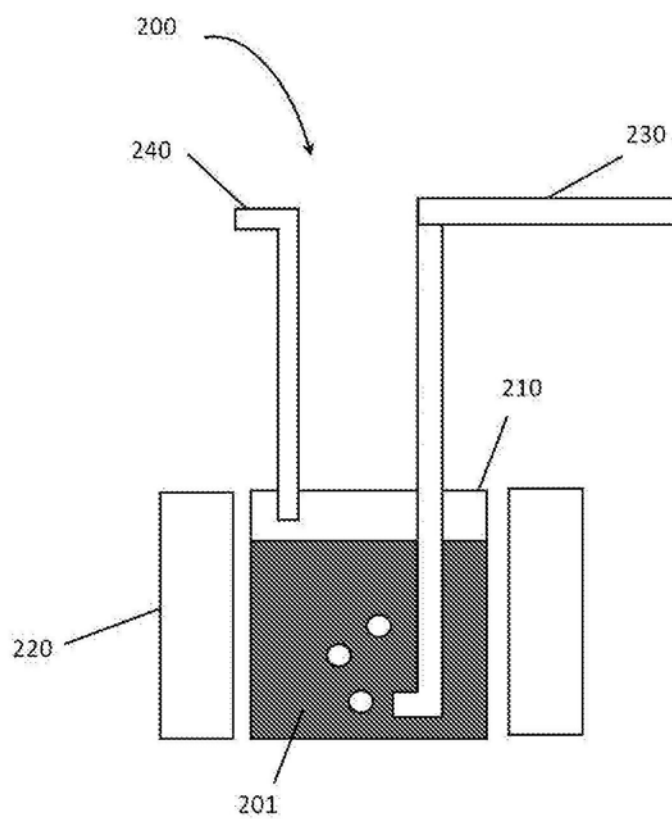


图2

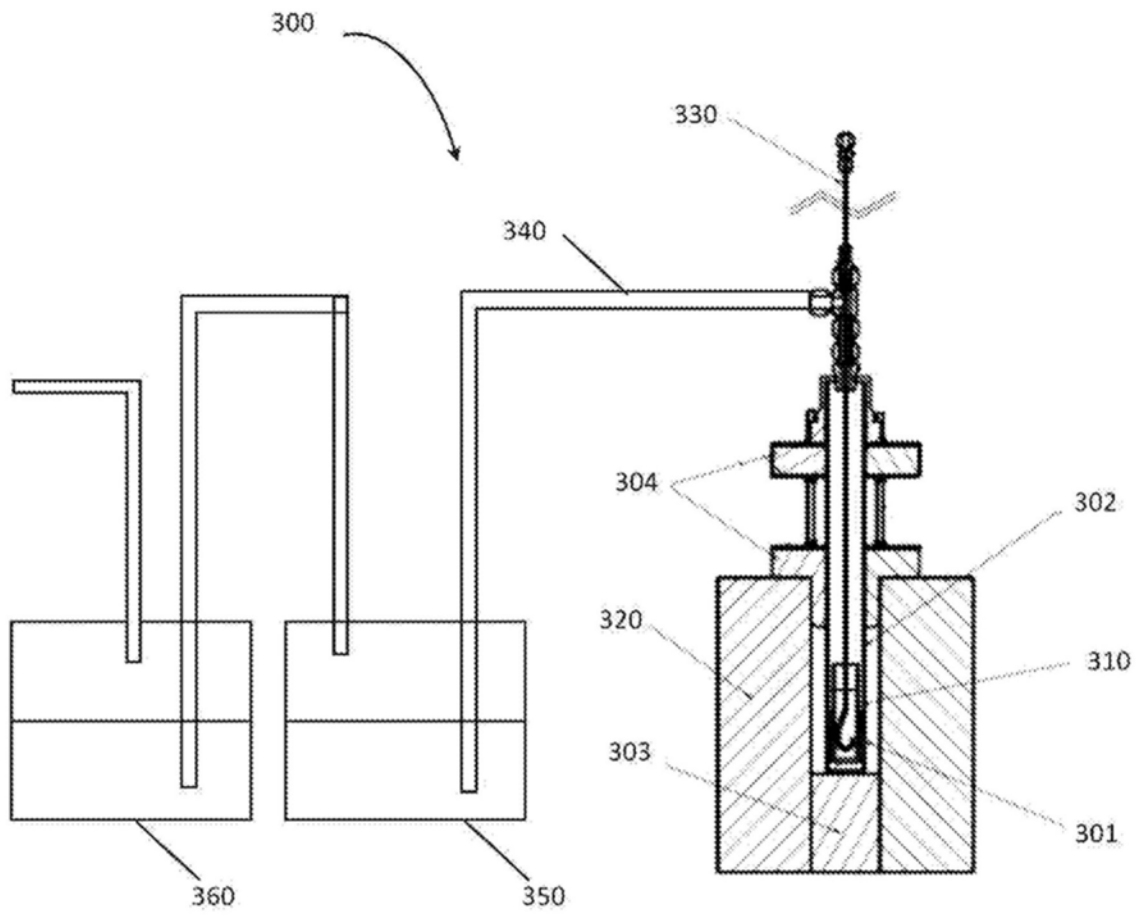


图3

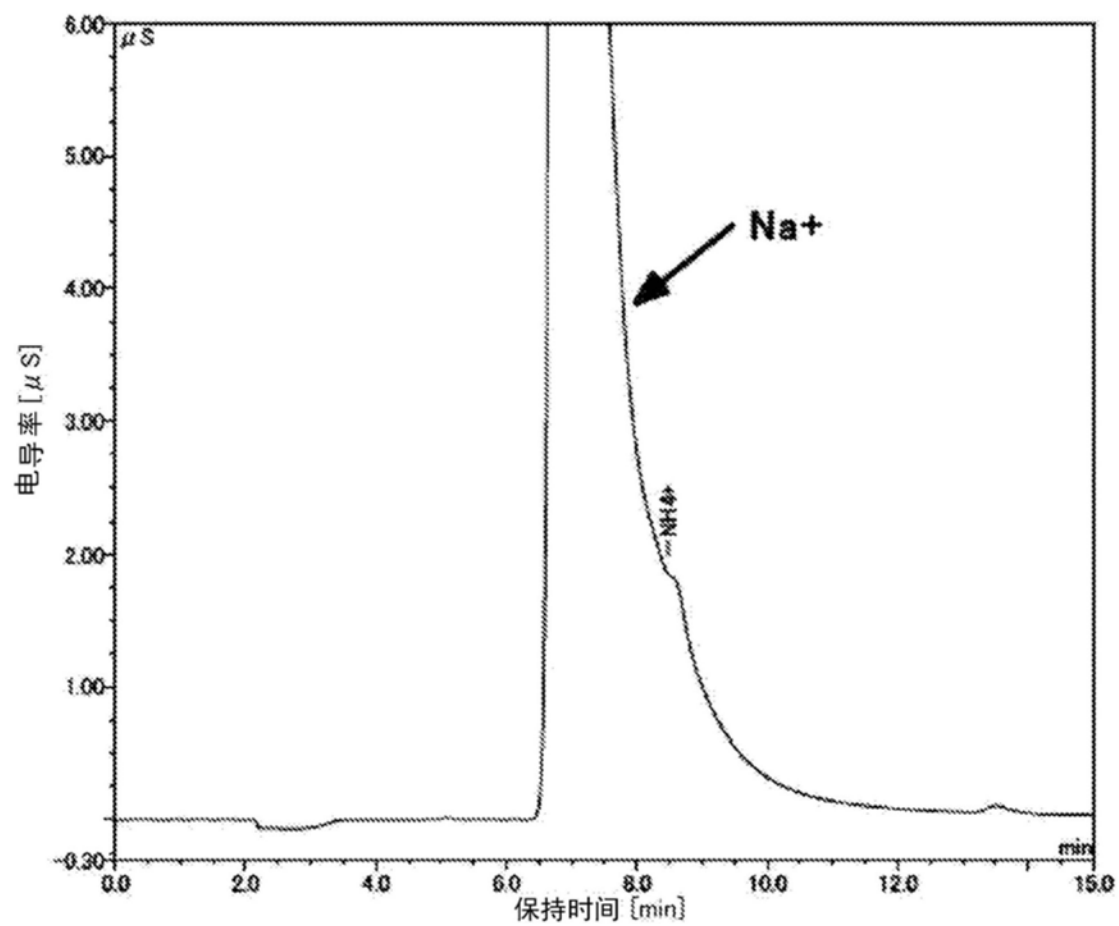


图4

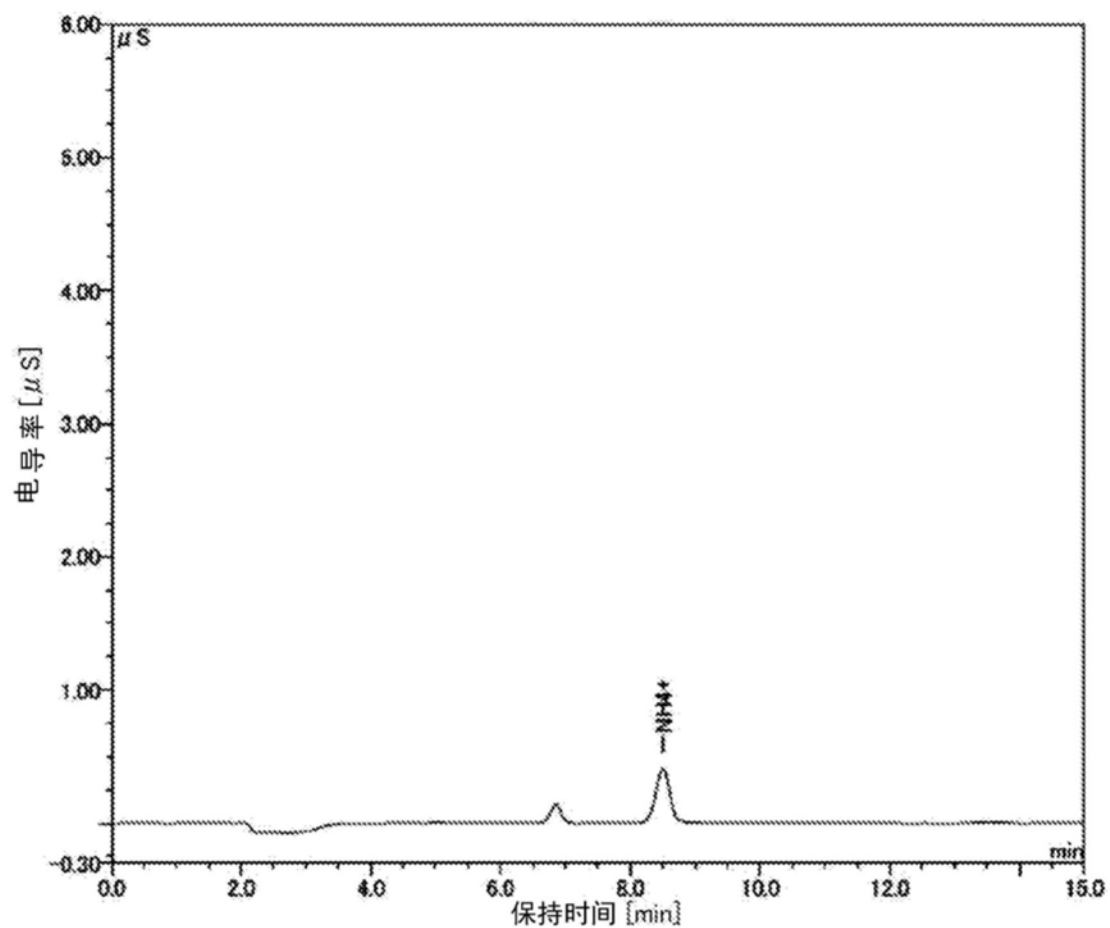


图5

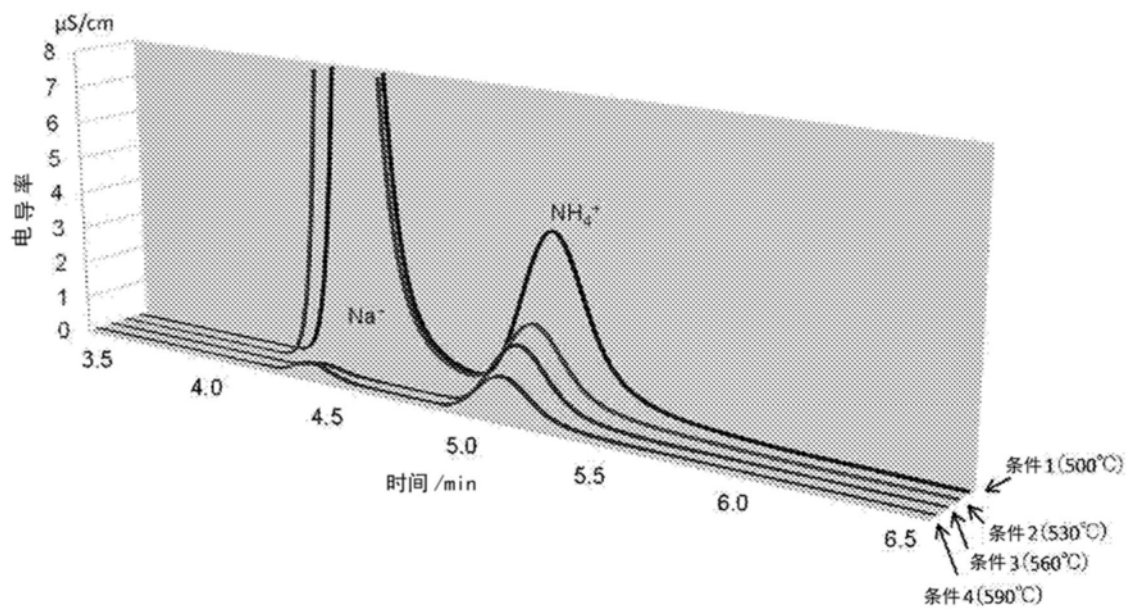


图6