



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I743515 B

(45) 公告日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 21 日

(21) 申請案號：108124245

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 10 日

(51) Int. Cl. : C01B21/24 (2006.01)

B01J31/16 (2006.01)

A61M16/10 (2006.01)

A61K33/00 (2006.01)

(71) 申請人：高雄醫學大學 (中華民國) KAOHSIUNG MEDICAL UNIVERSITY (TW)

高雄市三民區十全一路 100 號

(72) 發明人：許智能 HSU, SODIO C. N. (TW)；張育綸 CHANG, YU LUN (TW)

(74) 代理人：林文杰

審查人員：楊淑珍

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：4 共 23 頁

(54) 名稱

水溶液中高效率一氧化氮氣體產生的方法

(57) 摘要

本發明揭露了一種簡單的方法可以將亞硝酸鹽轉換成一氧化氮氣體：透過簡單的鐵或銅金屬離子鹽類催化，在有 L-抗壞血酸(扮演電子與質子提供的來源)的水溶液條件下，可以有效率地將亞硝酸鹽還原成一氧化氮。

The present invention discloses a simple method for producing nitrogen oxide gas converting from nitrite ion in an aqueous solution containing L-ascorbic acid which plays a role as electron and proton source by catalysis of iron or copper ions. The method provides a high efficiency way in conversion from nitrite ion to NO gas.

指定代表圖：

符號簡單說明：

1 . . . 套件

100 . . . 錐形瓶

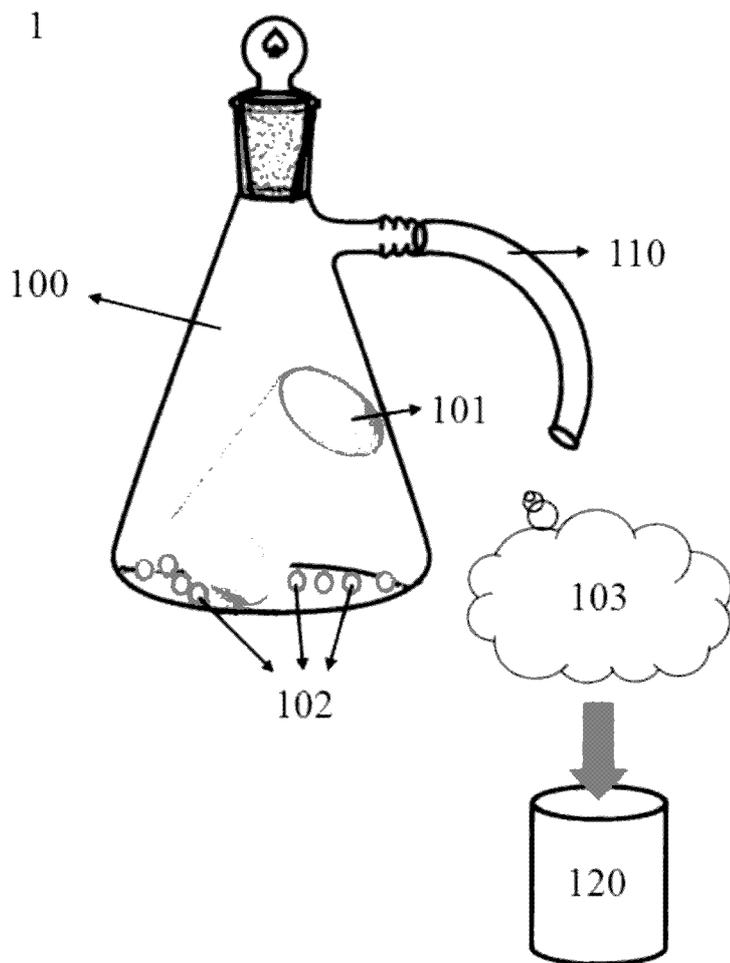
101 . . . 水

102 . . . 還原劑、催化劑及亞硝酸鹽原料之組合物

103 . . . NO 氣體

110 . . . 導管

120 . . . 氣體收集容器



第 1 圖

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

水溶液中高效率一氧化氮氣體產生的方法/ Method for high efficient production of NO gas in aqueous solution

【中文】

本發明揭露了一種簡單的方法可以將亞硝酸鹽轉換成一氧化氮氣體：透過簡單的鐵或銅金屬離子鹽類催化，在有 L-抗壞血酸(扮演電子與質子提供的來源)的水溶液條件下，可以有效率地將亞硝酸鹽還原成一氧化氮。

【英文】

The present invention discloses a simple method for producing nitrogen oxide gas converting from nitrite ion in an aqueous solution containing L-ascorbic acid which plays a role as electron and proton source by catalysis of iron or copper ions. The method provides a high efficiency way in conversion from nitrite ion to NO gas.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1 套件
- 100 錐形瓶
- 101 水
- 102 還原劑、催化劑及亞硝酸鹽原料之組合物
- 103 NO 氣體
- 110 導管
- 120 氣體收集容器

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

水溶液中高效率一氧化氮氣體產生的方法/ Method for high efficient production of NO gas in aqueous solution

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種產生一氧化氮氣體的方法，尤指一種在水溶液中高效率產生一氧化氮氣體的方法。

【先前技術】

【0002】 在化學工業中，一氧化氮（NO）氣體是在氨氧化成硝酸的過程中形成的中間化合物。而製備脛胺的工業方法就是使用催化劑將 NO 氣體與氫氣的反應。因此如何製備一氧化氮氣體是一項重要的工作。

【0003】 一氧化氮氣體製備的工業方法通常是利用氨與鉑或鉑銻合金網在高溫條件下與氧氣反應生成，其條件較為嚴苛。而在實驗室研究製備中，反應過程必須加熱或是在強酸的條件下製備，不僅條件較為危險，且在轉換的效率上會有較大產率的損失。

【0004】 過去文獻中曾提及實驗室的製備方法（Suryaraman, M. G.; Viswanathan, A.; Preparation of nitric oxide : some laboratory methods. *J. Chem. Educ.* **1949**, 26, 594）如：

(1) 三氧化二鉻等加熱硝酸鉀和碳酸鉀的混合物：



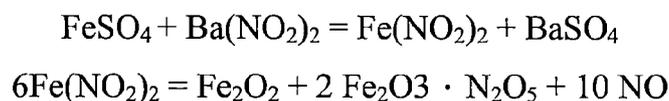
- (2) 加熱氮化硼與鐵，銅等的氧化物。
- (3) 二苯基亞硝基礦的熱分解，此方法所產生的 NO 氣體純度高達 99.7%。
- (4) 亞硝酸的分解：分成兩種條件，除了非常稀的冷溶液之外，亞硝酸很快會分解成二氧化氮 (NO₂) 氣體、NO 氣體和水：



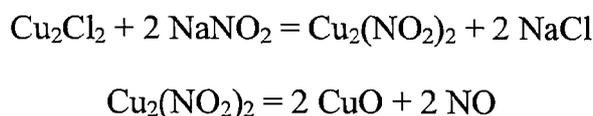
而在溫熱或濃縮的溶液中，整個反應會生成硝酸、水和 NO：



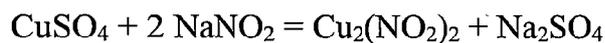
- (5) P. Piceni 和 F. M. Zuco 對硫酸亞鐵溶液與亞硝酸鉍溶液的反應進行了定量研究，他們提出了下列反應式：



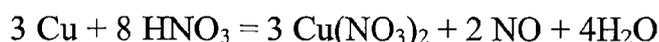
- (6) 氯化亞銅與亞硝酸鈉的反應後之亞硝酸亞銅產物在室溫條件下會自發分解釋放 NO，其反應式如下：



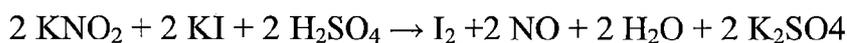
- (7) 不穩定的亞硝酸亞銅會分解成氧化銅與一氧化氮。如 W. Hampe 和 P.C.Ray 之研究，通過亞硝酸銅溶液自身的氧化還原反應產生一氧化氮：



(8) 除此之外，將金屬銅與硝酸加熱也可以產生一氧化氮：



(9) 利用亞硝酸鉀在硫酸的酸性條件下，各別與碘化鉀或硫酸亞鐵反應皆可產生一氧化氮氣體，其中在碘化鉀的條件是 I^- 離子的氧化與 NO_2^- 的還原；而在硫酸亞鐵的條件下則是鐵的氧化與 NO_2^- 的還原。



【0005】 雖然過去有類似的前案發表，但在 US20070014829A1 與 US20160136376A1 兩先例中，該兩篇都是生產少量的 NO 氣體用於醫療用途上，其中前者是使用緩衝液體，後者是使用水溶液，速率雖然提高了，但依然不夠快。US20070014829A1 所使用的金屬催化劑的配位基是屬於環狀的配位基，製備合成較難且商業化的產品價格頗高。因此，在先前兩篇文獻中所提到的例子，一篇是沒有金屬的催化速率較慢 (Bunton, C. A.; Dahn, H.; Loewe, L., Oxidation of Ascorbic Acid and Similar Reductones by Nitrous Acid. *Nature* **1959**, 183, 163.)，一篇則是使用有機溶劑當作反應條件 (Woollard-Shore, J. G.; Holland, J. P.; Jones, M. W.; Dilworth, J. R., Nitrite reduction by copper complexes. *Dalton Trans.* **2010**, 39, 1576-1585.)，產率較低且會對有

機溶劑對環境造成汙染。

【0006】 在某些情況下，化學反應過程有時候會需要同位素來做標定，譬如 ^{14}NO 的同位素會選擇 ^{15}NO 。由於 ^{15}NO 的來源 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 價錢昂貴，1 克可能需要將近 1 萬元，根據以往的實驗條件，轉換成 ^{15}NO 時會有產率上的損失，造成經濟效益的降低。

【0007】 然而，實驗室在製備 ^{15}NO 時是以 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 與強硫酸反應，產率大概只有 66% 左右，而實際上可使用的氣體的產率則低於 50%。因此可以有效生成 ^{15}NO 的發明有其重要性；而工業上製備的條件較為嚴苛，且氣體鋼瓶買來時已經是配製好的濃度(ppm)，除了造成使用上的不便利性外，在實驗上所需求量有限時，氣體鋼瓶的採購則造成經濟以及資源上的浪費。

【發明內容】

【0008】 本發明提供了幾種含過渡金屬離子的水溶性化合物，在催化劑濃度極低的條件下，依然可以加速亞硝酸鹽轉換成一氧化氮(NO)氣體，而且擁有很低的流失率。更為重要的是，可以根據所需之 NO 氣體的使用量來計算反應所需要之亞硝酸鹽的反應量，不會造成無謂的損失或是浪費，且本發明所使用之非環狀配位基為已商品化且價格低的商品，能達到最高的經濟效益。

【0009】 本發明使用金屬催化劑可以提高 NO 氣體的產率，並且反應過程中不需加熱或是使用強酸，對實驗的操作也較為安全。

【0010】 本發明可以減少製備時所需之氣體，可達到使用上的便利

性，並同時提供一個相較於採購大容量氣體鋼瓶還要更為經濟的方案。

【0011】 本發明揭露一些含過渡金屬鐵與銅離子的化合物當作催化劑，可以有效將 NO_2^- 轉換成 NO 氣體並且提高其反應的速率(相較無催化劑的速率提高至十倍速以上)，其條件較工業上或是實驗室製備簡單。本發明的特色是可以透過配位基的選擇及反應物的配比達到安全、快速、有效率、且便宜地產生 NO 氣體。

【0012】 本發明提供了一種於水溶液中高效產生一氧化氮氣體的方法，包括：提供一亞硝酸鹽原料、一還原劑、一催化劑及一水，充分混合反應後，以產生一氧化氮氣體，其中，該催化劑為一具有至少一個非環狀配位基之金屬離子化合物。

【0013】 於一實施例中，該方法進一步包括一收集並保存所產生之一氧化氮氣體的步驟。

【0014】 於一實施例中，該亞硝酸鹽原料、該還原劑及該催化劑之態樣為水溶液或晶體。

【0015】 於一實施例中，該還原劑為二質子酸。

【0016】 於一實施例中，該還原劑為抗壞血酸。

【0017】 於一實施例中，該金屬離子化合物包含一金屬離子鹽類，且該金屬離子鹽類為銅二價金屬離子鹽類、鐵二價金屬離子鹽類或鐵三價金屬離子鹽類。

【0018】 於一實施例中，該非環狀配位基係選自由乙二胺 (ethylenediamine)、二乙三胺 (diethylenetriamine)、三乙四胺 (triethylenetetramine)、四乙五胺 (tetraethylenepentamine) 及乙二胺四乙

酸 (ethylenediaminetetraacetate) 所組成之群組。

【0019】 於一實施例中，該催化劑與該亞硝酸鹽原料之莫耳數比為 1:1 至 1:10000 之間。

【0020】 於一較佳實施例中，該催化劑與該亞硝酸鹽原料之莫耳數比為 1:1 至 1:1000 之間。

【0021】 於一更佳實施例中，該催化劑與該亞硝酸鹽原料之莫耳數比為 1:1 至 1:100 之間。

【0022】 於一更佳實施例中，該催化劑、該亞硝酸鹽原料以及該還原劑之莫耳數比為 1:100:200。

【0023】 本發明之鐵二價金屬離子鹽類可選自，但不限於 $\text{Fe}(\text{BF}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{OTf})_2$ 及其混合物所組成的含水金屬離子鹽類或無含水金屬離子鹽類群組。

【0024】 本發明之鐵三價金屬離子鹽類可選自，但不限於 FeCl_3 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{OTf})_3$ 及其混合物所組成的含水金屬離子鹽類或無含水金屬離子鹽類群組。

【0025】 本發明之銅二價金屬離子鹽類的試劑來源可選自，但不限於 $\text{Cu}(\text{BF}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 CuSO_4 、 $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 、 $\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2$ 、 $\text{Cu}(\text{OTf})_2$ 及其混合物所組成的含水金屬離子鹽類或無含水金屬離子鹽類群組。

【0026】 於一實施例中，本發明之催化劑與亞硝酸鹽類係作用於酸性環境中。

【圖式簡單說明】

【0027】 第 1 圖為本發明之套件之第一實施方式示意圖。

【0028】 第 2 圖為本發明之套件之第二實施方式示意圖，第 2 圖 A 所示之第一容器之容納物為還原劑與水混合之還原劑水溶液，第二容器之容納物為亞硝酸鹽原料及催化劑之組合；第 2 圖 B 所示之第一容器之容納物為水，第二容器之容納物為亞硝酸鹽原料、催化劑及還原劑之組合。

【0029】 第 3 圖為本發明之套件之第三實施方式示意圖。

【0030】 第 4 圖為本發明之套件之第四實施方式示意圖。

【實施方式】

【0031】 本發明提供一種產生一氧化氮氣體的方法，其係以亞硝酸鹽當作製備 NO 氣體的原料，並以具有非環狀配位基之金屬離子化合物當作催化劑，於一含有還原劑之酸性水溶液中充分混合反應後，可以快速且高效率產生一氧化氮氣體。

【0032】 依據本發明之方法，在酸性水溶液的條件下，即便催化劑的濃度為 ppm 的條件下，依然可以快速產生 NO 氣體。

【0033】 本發明還提供一種產生一氧化氮氣體的套件。

【0034】 第 1 圖所示為本發明之套件 1 之第一實施方式，其係於一錐形瓶 100 中放入還原劑、催化劑及亞硝酸鹽原料之組合物 102，並加入水 101 混合後，會產生 NO 氣體 103，並透過導管 110 導入氣體收集容器中 120。

【0035】 第 2 圖為本發明之套件 1 之第二實施方式，第 2 圖 A 所示包括一第一容器 200 及一第二容器 210，其中該第一容器 200 中裝填還原劑

水溶液 201，用以與該第二容器 210 所裝填之亞硝酸鹽原料及催化劑之組合物水溶液 202 進行反應而產生 NO 氣體 203，並透過該導管 240 導入氣體收集容器 220 中，該第一容器 200 具有一第一容器調節閥 230 可以控制滴落的還原劑水溶液 201，以控制反應速度，而該導管 240 可進一步具有一氣體調節閥 250 來控制收集之 NO 氣體 203 的量。

【0036】 於本發明之套件 1 之第二實施方式也可如第 2 圖 B 所示，其包括一第一容器 200 及一第二容器 210，其中該第一容器 200 中裝填水 204，用以與該第二容器 210 所裝填之亞硝酸鹽原料、還原劑及催化劑之組合物晶體 205 進行反應而產生 NO 氣體 203，並透過該導管 240 導入氣體收集容器中 220，該第一容器 200 具有一第一容器調節閥 230 可以控制滴落的水 204，以控制反應速度，而該導管 240 可進一步具有一氣體調節閥 250 來控制收集之 NO 氣體 203 的量。

【0037】 本發明之套件 1 之第三實施方式如第 3 圖所示，其包括一第一容器 300 及一第二容器 310，其中該第一容器 300 中裝填還原劑水溶液 301，該第二容器 310 裝填亞硝酸鹽原料及催化劑之組合物水溶液 302，該第一容器 300 具有一第一容器調節閥 340 可以控制液體滴落速度，該第二容器 310 具有一第二容器調節閥 350 可以控制液體滴落速度，以控制反應速度，當該還原劑水溶液 301 與該亞硝酸鹽原料及催化劑之組合物水溶液 302 落入一第三容器 320 時會產生反應而生成 NO 氣體 303，並透過一導管 331 導入氣體收集容器 330 中，而該導管 331 可進一步具有一氣體調節閥 332 來控制收集之 NO 氣體 303 的量。

【0038】 第 4 圖所示為本發明之套件 1 之第四實施方式，其係一第

一容器 400，包括一隔間 410，用以區隔水 401 與亞硝酸鹽原料、還原劑及催化劑之組合物晶體 402，並透過一液體開關 420 將水 401 導入該隔間 410 中，與該亞硝酸鹽原料、還原劑及催化劑之組合物晶體 402 混合而生成 NO 氣體 403，該 NO 氣體 403 則進一步透過一導管 431 導入一氣體收集容器 430 中，並透過一氣體調節閥 432 來控制收集的氣體量。

【0039】 本發明之亞硝酸鹽原料可依據使用需求而選用 $\text{Na}^{14}\text{NO}_2$ 或 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ ，在本發明之實施例中， $\text{Na}^{14}\text{NO}_2$ 及 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 皆係取 4×10^{-3} 莫耳，可以產生 100 cm^3 之 NO 氣體， $\text{Na}^{14}\text{NO}_2$ 及 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 的反應量可視需求而定。

【0040】 本發明之還原劑為二質子酸，較佳的，該還原劑可選自但不限於丙酮酸、乳酸、或 L-抗壞血酸，在本發明之實施例中，該還原劑係為 L-抗壞血酸，其濃度為 0.4 M，其可在與催化劑比例為 1:200 的條件下進行 100 次催化，還原劑的反應量可視需求而定。

【0041】 本發明之催化劑為非環狀配位基與金屬離子鹽類所組成之具有非環狀配位基之金屬離子化合物，其中該非環狀配位基係選自由乙二胺 (ethylenediamine)、二乙三胺 (diethylenetriamine)、三乙四胺 (triethylenetetramine)、四乙五胺 (tetraethylenepentamine) 及乙二胺四乙酸 (ethylenediaminetetraacetate) 所組成之群組；該金屬離子鹽類係為鐵二價金屬離子、鐵三價金屬離子或銅二價金屬離子。當該金屬離子鹽類為鐵二價金屬離子時，其來源可選自，但不限於 $\text{Fe}(\text{BF}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{OTf})_2$ 及其混合物所組成的含水金屬離子鹽類或無含水金屬離子鹽類群組；當該金屬離子鹽類為鐵三價金屬離子時，其來源可選自，但不限於 FeCl_3 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 。

9H₂O、Fe(OTf)₃ 及其混合物所組成的含水金屬離子鹽類或無含水金屬離子鹽類群組；當該金屬離子鹽類為銅二價金屬離子時，其來源可選自，但不限於 Cu(BF₄)·6H₂O、CuCl₂·2H₂O、Cu(NO₃)₂·3H₂O、CuSO₄、Cu(CH₃COO)₂、Cu(ClO₄)₂、Cu(OTf)₂ 及其混合物所組成的含水金屬離子鹽類或無含水金屬離子鹽類群組。

【0042】 於本發明之實施例中，該具有非環狀配位基之金屬離子化合物之取用量視需求而定，其與該亞硝酸鹽原料之配比及反應速率測試如表 1 及表 2 所示。

【0043】 表 1、Na¹⁴NO₂ 與具有非環狀配位基之金屬離子化合物或金屬離子鹽類之配比及反應速率及產量。

催化劑 (與 Na ¹⁴ NO ₂ 的莫爾濃度比)	水 (毫升)	產量	時間 (秒)
Cu Complex(1:1)	20	99±1 %	<1
Cu Complex(1:100)	20	99±1 %	10
Cu Complex(1:1000)	20	99±1 %	23
Cu Complex(1:10000)	20	97±2 %	78
Cu Salt (1:1)	20	99 %	<1
Cu Salt (1:100)	20	99±1 %	20
Cu Salt (1:1000)	20	98±1 %	28
Cu Salt (1:10000)	20	95±2 %	80
Fe Salt (1:100)	20	67±2 %	60
Blank	40	93±2 %	130
Blank	20	92±2 %	120

Cu Complex：催化劑為具有非環狀配位基之銅二價金屬離子化合物。

Cu Salt：催化劑為銅二價金屬離子鹽類。

Fe Salt：催化劑為鐵二價或三價金屬離子鹽類。

Blank：催化劑為水。

【0044】 由表 1 可以得知，在有 L-抗壞血酸的酸性條件下，以具有

非環狀配位基之銅二價金屬離子化合物當作催化劑時，即使該催化劑之莫耳濃度為 $\text{Na}^{14}\text{NO}_2$ 的 1/10000，與 Blank 組相比仍然可以有效提高產生 NO 氣體的速度，且其產量仍高達 $97\pm 2\%$ 。

【0045】 表 1 的結果同時顯示，在相同的反應時間下，以鐵二價或鐵三價金屬離子進行催化時，雖然鐵離子催化反應會形成雙一氧化氮鐵化合物 (DNIC, dinitrosyl iron complex) 而造成產率較低，但其與 Blank 組相比確實也有效提高了產生 NO 氣體的速度。

【0046】 表 2、 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 與具有非環狀配位基之金屬離子化合物或金屬離子鹽類之之配比及反應速率及產量。

催化劑 (與 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 的莫爾濃度比)	水 (毫升)	產量	時間 (秒)
Cu Complex(1:1)	20	$99\pm 1\%$	<1
Cu Complex(1:100)	20	$99\pm 1\%$	10
Cu Complex(1:1000)	20	$99\pm 1\%$	22
Cu Complex(1:10000)	20	$97\pm 2\%$	80
Cu Salt(1:1)	20	99 %	<1
Cu Salt(1:100)	20	$99\pm 1\%$	22
Cu Salt(1:1000)	20	$98\pm 1\%$	30
Cu Salt(1:10000)	20	$95\pm 2\%$	82
Fe Salt(1:100)	20	$67\pm 2\%$	60
Blank	40	$93\pm 2\%$	130
Blank	20	$92\pm 2\%$	120

Cu Complex：催化劑為具有非環狀配位基之銅二價金屬離子化合物。

Cu Salt：催化劑為銅二價金屬離子鹽類。

Fe Salt：催化劑為鐵二價或三價金屬離子鹽類。

Blank：催化劑為水。

【0047】 由表 2 可以得知，在有 L-抗壞血酸的酸性條件下，以具有非環狀配位基之銅二價金屬離子化合物當作催化劑時，即使該催化劑之莫

耳濃度為 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 的 1/10000，與 Blank 組相比仍然可以有效提高產生 NO 氣體的速度，且其產量仍高達 $97\pm 2\%$ 。

【0048】 表 2 的結果同時顯示，在相同的反應時間下，以鐵二價或鐵三價金屬離子進行催化時，雖然鐵離子催化反應會形成雙一氧化氮鐵化合物(DNIC, dinitrosyl iron complex)而造成產率較低，但其與 Blank 組相比確實也有效提高了產生 NO 氣體的速度。

【0049】 於本發明之一較佳實施例中，無論亞硝酸鹽為 $\text{Na}^{14}\text{NO}_2$ 或 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ ，在溶劑為水的條件下，以乙烯二胺 (Ethylenediamine) 為主的配位基所合成的銅二價金屬離子化合物具有較好的催化效果，催化劑與亞硝酸鹽之最佳莫耳數比例為 1:100，如表 3 所示：

【0050】 表 3、 $\text{Na}^{14}\text{NO}_2$ 或 $\text{Na}^{15}\text{NO}_2$ 與具有非環狀配位基之銅金屬離子化合物之配比及反應速率及產量。

催化劑 (莫耳數比)	水 (毫升)	產量	時間 (秒)
Cu Complex (1:100)	20	$99\pm 1\%$	10

Cu Complex：具有非環狀配位基之銅二價金屬離子化合物。

【0051】 於本發明之一更佳實施例中，該催化劑與該亞硝酸鹽與該 L-抗壞血酸之最加比例為 1:100:200。

【0052】 依據本發明之實施例，本發明之方法確實可以安全、快速、有效率、且便宜地產生 NO 氣體。

【符號說明】

【0053】

1 套件

100 錐形瓶

- 101 水
- 102 還原劑、催化劑及亞硝酸鹽原料之組合物
- 103 NO 氣體
- 110 導管
- 120 氣體收集容器
- 200 第一容器
- 201 還原劑水溶液
- 202 亞硝酸鹽原料及催化劑之組合物水溶液
- 203 NO 氣體
- 204 水
- 205 亞硝酸鹽原料、還原劑及催化劑之組合物晶體
- 210 第二容器
- 220 氣體收集容器
- 230 第一容器調節閥
- 240 導管
- 250 氣體調節閥
- 300 第一容器
- 301 還原劑水溶液
- 302 亞硝酸鹽原料及催化劑之組合物水溶液
- 303 NO 氣體
- 310 第二容器
- 320 第三容器

- 330 氣體收集容器
- 331 導管
- 332 氣體調節閥
- 340 第一容器調節閥
- 350 第二容器調節閥
- 400 第一容器
- 401 水
- 402 亞硝酸鹽原料、還原劑及催化劑之組合物晶體
- 403 NO 氣體
- 410 隔間
- 420 液體開關
- 430 氣體收集容器
- 431 導管
- 432 氣體調節閥

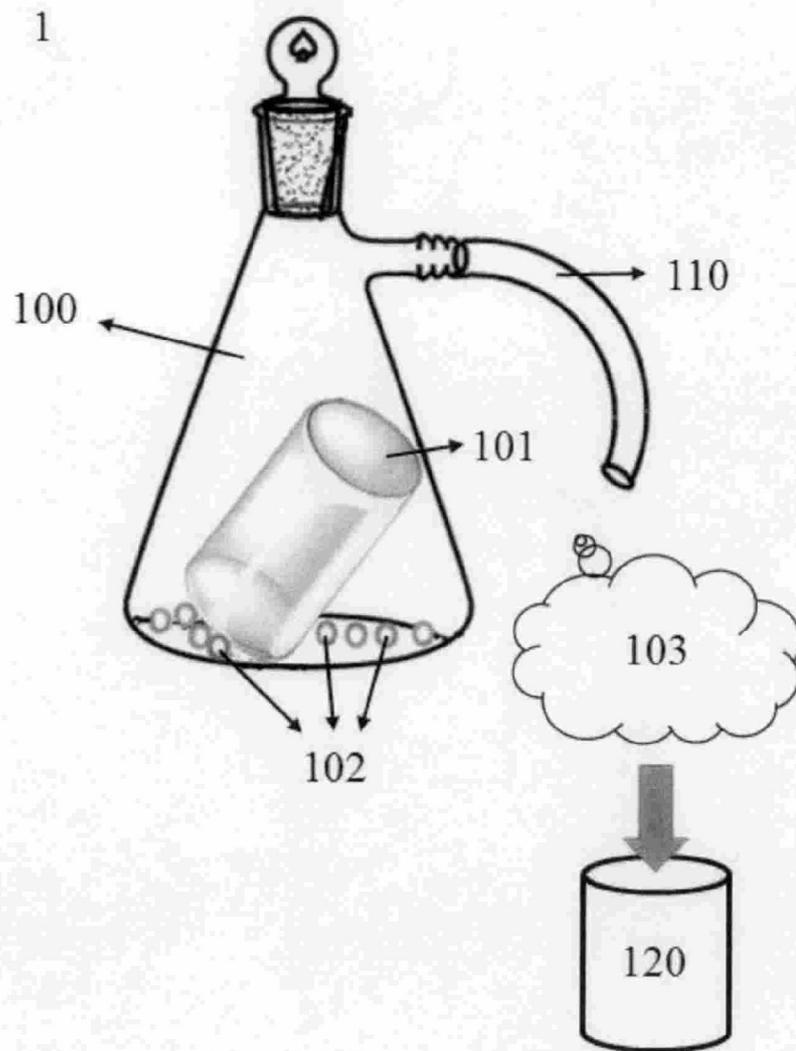
申請專利範圍

1. 一種產生一氧化氮氣體的方法，基本上由下列步驟組成：
 - (a) 提供一亞硝酸鹽、一還原劑、一催化劑及一水；及
 - (b) 充分混合反應後，以產生一氧化氮氣體；其中，該催化劑為一具有至少一個非環狀配位基之金屬離子化合物且該催化劑與該亞硝酸鹽之莫耳數比為 1:1 至 1:10000 之間。
2. 如請求項 1 所述之方法，其進一步包括一步驟：
 - (c) 收集並保存所產生之一氧化氮氣體。
3. 如請求項 1 所述之方法，其中該亞硝酸鹽之亞硝酸根離子為 $^{14}\text{NO}_2^-$ 或 $^{15}\text{NO}_2^-$ 。
4. 如請求項 1 所述之方法，其中該催化劑為一具有一個非環狀配位基之金屬離子化合物。
5. 如請求項 1 所述之方法，其中該還原劑為二質子酸。
6. 如請求項 1 所述之方法，其中該金屬離子化合物包含一金屬離子鹽類，且該金屬離子鹽類為銅二價金屬離子鹽類、鐵二價金屬離子鹽類或鐵三價金屬離子鹽類。
7. 如請求項 1 所述之方法，其中該非環狀配位基係選自由乙二胺 (ethylenediamine)、二乙三胺 (diethylenetriamine)、三乙四胺 (triethylenetetramine)、四乙五胺 (tetraethylenepentamine) 及乙

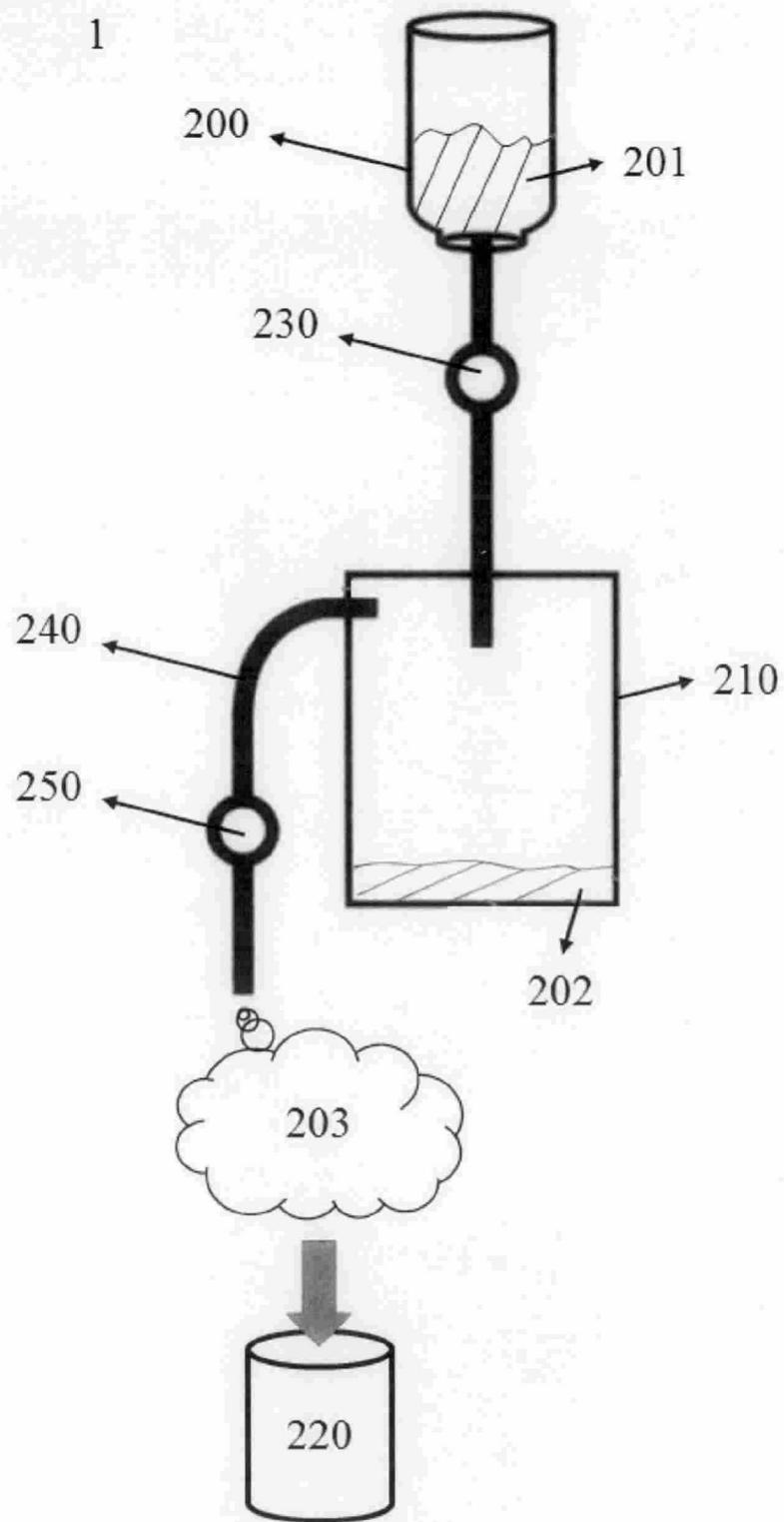
二胺四乙酸 (ethylenediaminetetraacetate) 所組成之群組。

8. 如請求項 1 所述之方法，其中該催化劑與該亞硝酸鹽之莫耳數比為 1:1 至 1:1000 之間。
9. 如請求項 1 所述之方法，其中該催化劑、該亞硝酸鹽以及該還原劑之莫耳數比為 1:100:200。

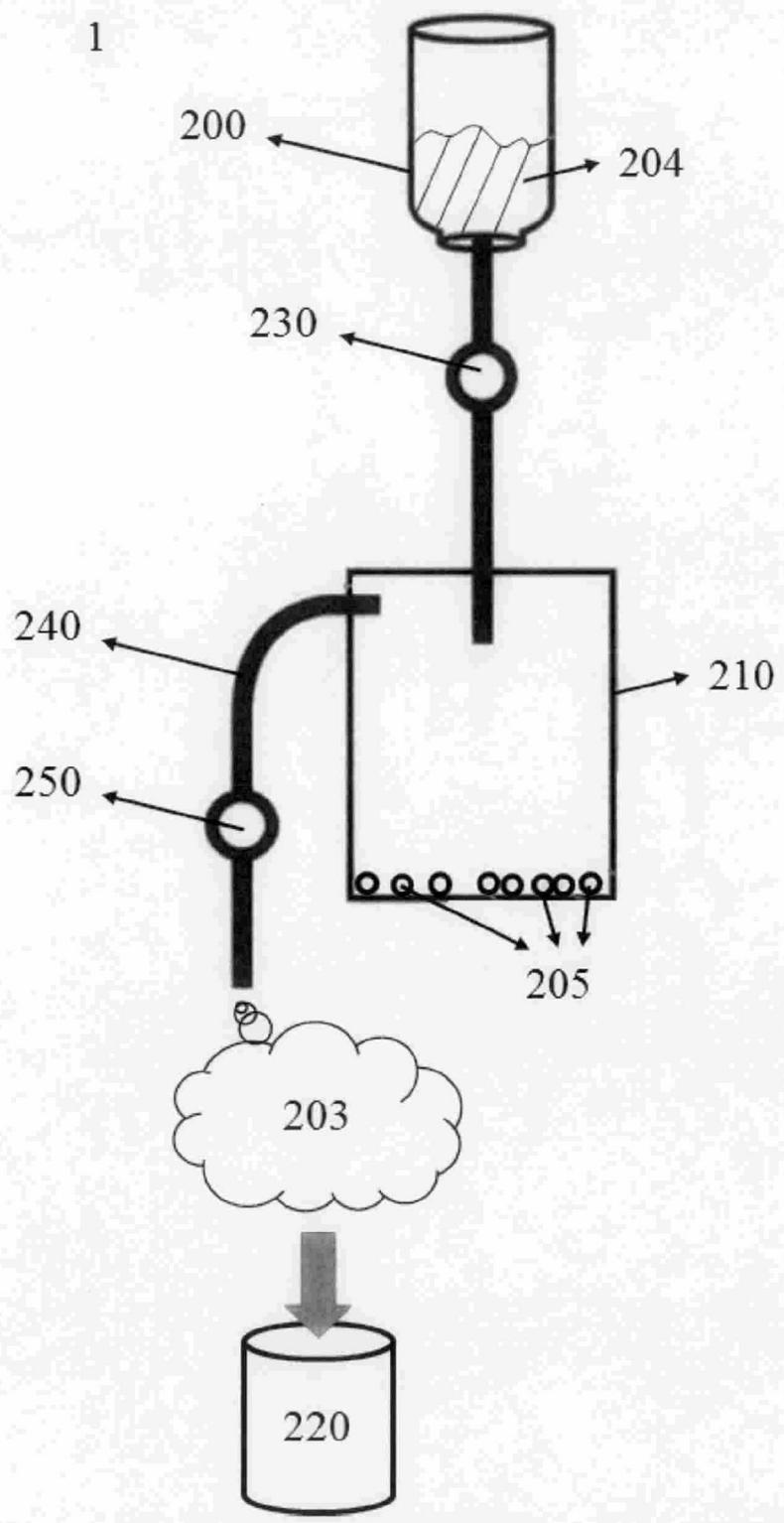
圖式



第 1 圖

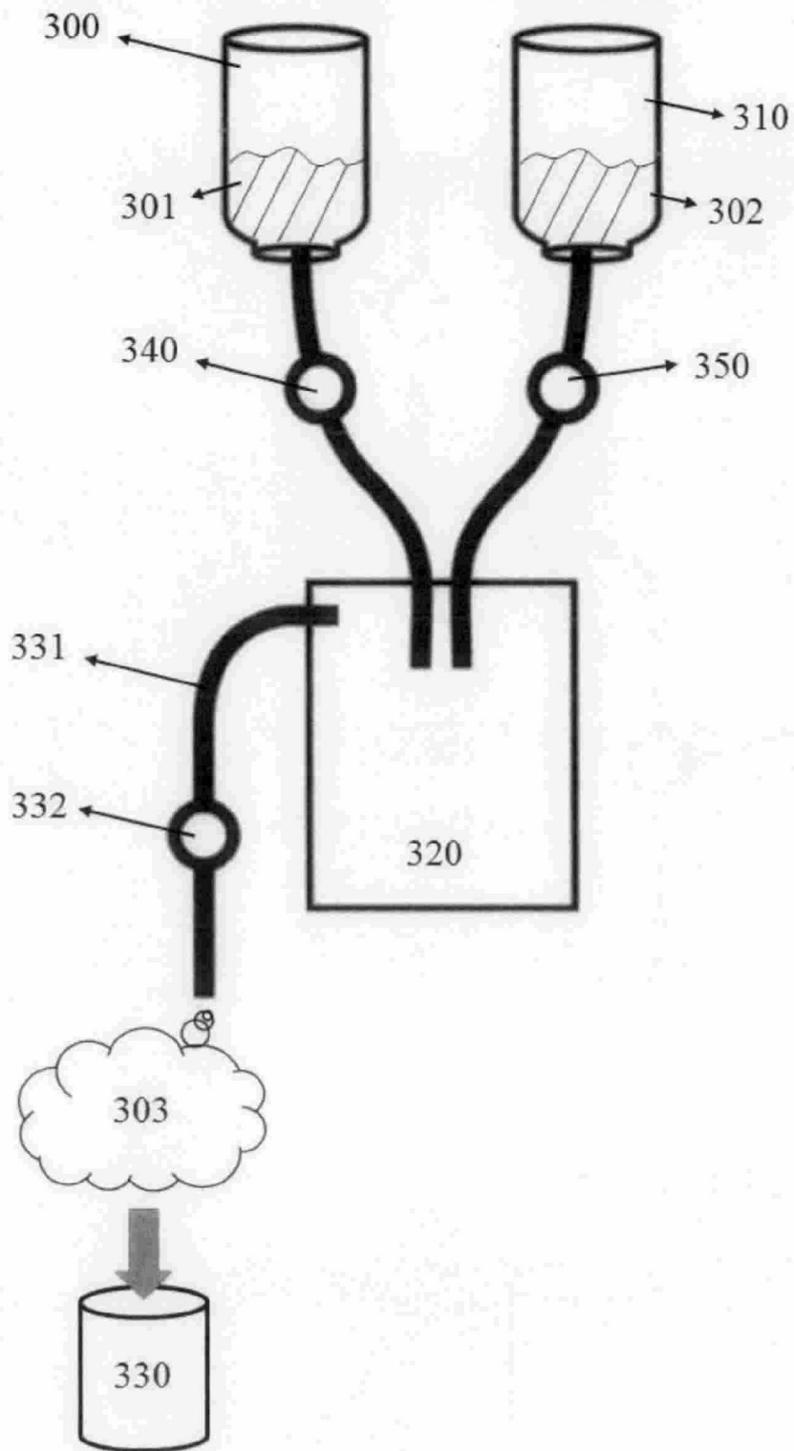


第2圖A

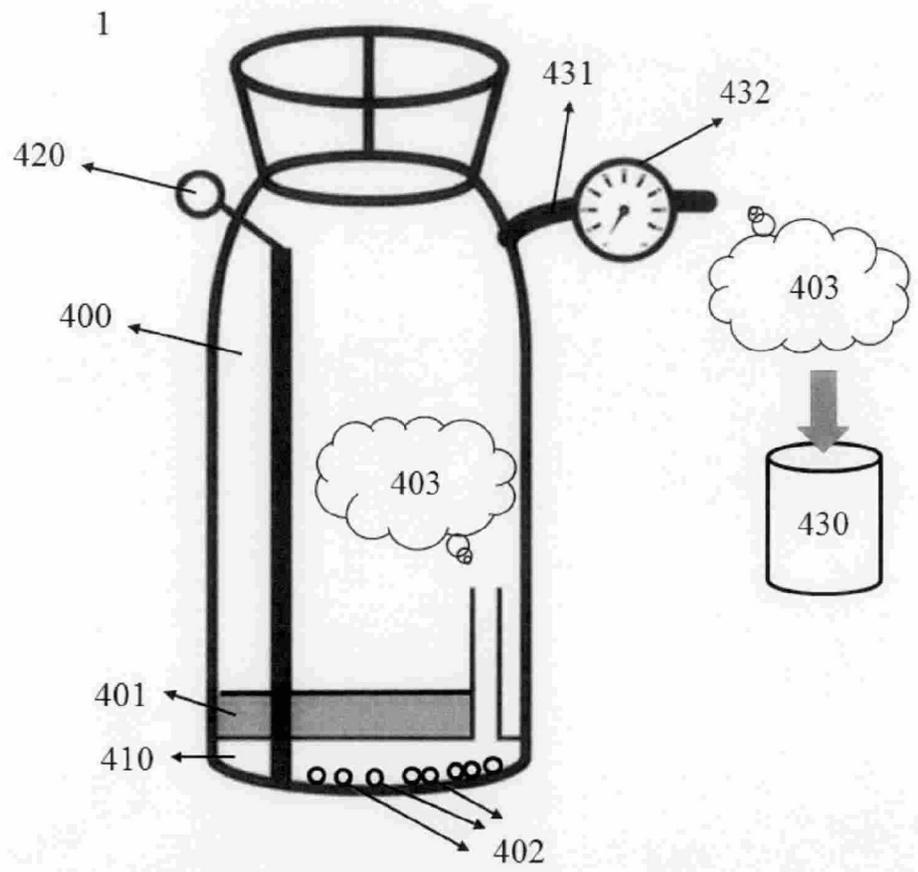


第2圖B

1



第3圖



第 4 圖