

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号

WO 2020/077521 A1

(43) 国际公布日

2020 年 4 月 23 日 (23.04.2020)

(51) 国际专利分类号:

G06N 10/00 (2019.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2018/110389

(22) 国际申请日:

2018 年 10 月 16 日 (16.10.2018)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(71) 申请人: 深圳职业技术学院 (SHEN ZHEN POLYTECHNIC) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽湖深圳职业技术学院, Guangdong 518060 (CN)。深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(72) 发明人: 孙志伟 (SUN, Zhiwei); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060

(CN)。马利芬 (MA, Lifan); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。徐光青 (XU, Guangqing); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。王平 (WANG, Ping); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市恒申知识产权事务所 (普通合伙) (HENSEN INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市福田区南园路 68 号上步大厦 10H, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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,

(54) Title: QUANTUM STATE SEARCH METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 量子状态搜索方法及装置

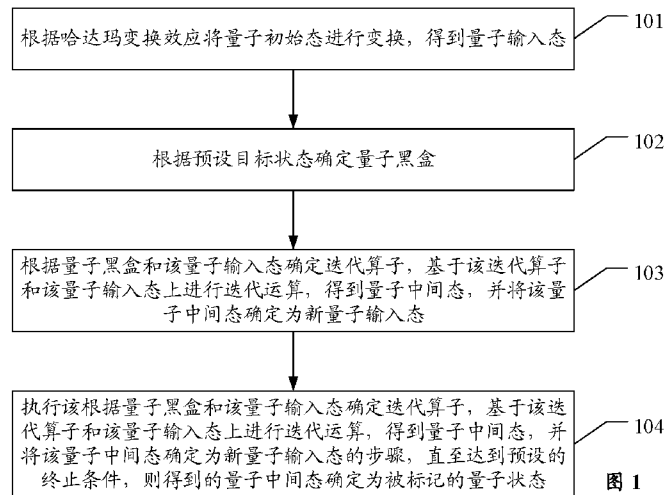


图 1

101 On the basis of the Hadamard transform effect, transform a quantum initial state to obtain a quantum input state
102 On the basis of a preset target state, determine a quantum black box
103 Determine an iterative operator on the basis of a quantum black box and the quantum input state and, on the basis of the iterative operator and the quantum input state, implement an iterative operation to obtain a quantum intermediate state and determine the quantum intermediate state as a new quantum input state
104 Execute the step of determining an iterative operator on the basis of a quantum black box and the quantum input state and, on the basis of the iterative operator and the quantum input state, implementing an iterative operation to obtain a quantum intermediate state and determining the quantum intermediate state as a new quantum input state until a preset termination condition is reached, and then determine the obtained quantum intermediate state as a labelled quantum state

(57) Abstract: A quantum state search method and apparatus for use in the technical field of information security. The quantum state search method comprises: on the basis of the Hadamard transform effect, transforming a quantum initial state to obtain a quantum input state (101); determining an iterative operator on the basis of a quantum black box and the quantum input state and, on the basis of the iterative operator and the quantum input state, implementing an iterative operation to obtain a quantum intermediate state and determining the quantum intermediate state as a new quantum input state (103); executing the step of determining an iterative operator

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(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

on the basis of a quantum black box and the quantum input state and, on the basis of the iterative operator and the quantum input state, implementing an iterative operation to obtain a quantum intermediate state and determining the quantum intermediate state as a new quantum input state until a preset termination condition is reached, and then determining the obtained quantum intermediate state as a labelled quantum state (104). The present method improves the quantum state search method calculation speed.

(57) 摘要: 一种量子状态搜索方法及装置, 应用于信息安全技术领域。该量子状态搜索方法包括: 根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换, 得到量子输入态(101)。根据量子黑盒和量子输入态确定迭代算子, 基于迭代算子和量子输入态上进行迭代运算, 得到量子中间态, 并将量子中间态确定为新量子输入态(103)。执行根据量子黑盒和量子输入态确定迭代算子, 基于迭代算子和量子输入态上进行迭代运算, 得到量子中间态, 并将量子中间态确定为新量子输入态的步骤, 直至达到预设的终止条件, 则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态(104)。该方法可提高量子状态搜索方法的计算速率。

量子状态搜索方法及装置

技术领域

本发明涉及信息安全技术领域，尤其涉及一种量子状态搜索方法及装置。

背景技术

随着信息化社会的不断提高，微电子技术飞速发展，使得电路上元器件的尺寸越来越小。根据摩尔定律，传统计算机的计算能力会随着集成电路上元器件数目的增加而增加。然而进入纳米时代，晶体管的体积越来越小，电路上增加的元器件越来越多，会严重影响晶体管的性能。其次，小尺寸晶体管会带来量子隧穿效应，会干扰经典计算机的计算，若处理不好会烧坏电子线路。电路的高集成度导致摩尔定律渐渐无效，使传统计算机的发展遇到瓶颈。因此，量子计算凭借其强大的并行计算能力成为国际的研究热点。量子计算是量子力学与计算机科学结合的产物，是一种新型的计算方式。其中，量子状态搜索方法由于打破某些经典算法的限制，提升了算法的速率而受到了广大研究者的关注。

然而，目前的 Grover 量子搜索算法的计算速率存在不够高的问题。

发明内容

本发明实施例的主要目的在于提供一种量子状态搜索方法及装置，可提高量子状态搜索方法的计算速率。

本发明实施例第一方面提供了一种量子状态搜索方法，所述方法包括：根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态；根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭

代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态；执行所述根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态。

本发明实施例第二方面提供了一种量子状态搜索装置，所述装置包括：变换单元，用于根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态；迭代单元，用于根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态；输出单元，用于执行所述根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态。

从上述实施例可知，通过利用多变的迭代算子，使得后续迭代运算后使用的迭代算子随着迭代次数的增加而变换，并且在搜索过程中，旋转轴同样随着迭代次数的增加而变换，而不是利用固定的迭代算子和固定的旋转轴，从而突破了原有量子搜索算法计算速率的限制，提高了搜索被标记的量子状态的计算速率。

附图说明

图1是本发明提供的第一实施例中的量子状态搜索方法的实现流程示意图；

图2是本发明提供的第一实施例中的量子状态搜索方法的线路框图；

图3是本发明提供的第一实施例中的迭代算子的线路图；

图4是本发明提供的第一实施例中的进行两次迭代运算的示意图；

图5是本发明提供的第一实施例中的量子状态搜索方法的应用示意图；

图6是本发明提供的第二实施例中的量子状态搜索装置的结构示意图。

具体实施方式

为使得本发明的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而非全部实施例。基于本发明中的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

请参阅图1，图1是本发明提供的第一实施例中的量子状态搜索方法的实现流程图。如图1所示，该方法主要包括以下步骤：

101、根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态。

具体的，量子计算是量子力学与计算机科学结合的产物，本实施例中的量子状态搜索方法应用于无序数据库，无序数据库中的数据呈现随机排布。现将问题描述为在包括 N 个待搜索量子状态的搜索空间中搜索被标记的量子状态。

进一步地，通过以下公式，根据 Hadamard（哈达玛）变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态：

$$|\psi_0\rangle = H^{\otimes n} |0\rangle^{\otimes n}。$$

式中， $|\psi_0\rangle$ 为第一次迭代运算中使用的量子输入态， $H^{\otimes n}$ 为 Hadamard 变换效应， $|0\rangle^{\otimes n}$ 为量子初始态。

102、根据预设目标状态确定量子黑盒。

具体的，该量子输入态为等幅度值的叠加态，量子输入态进一步表示为：

$$|\psi_0\rangle = H^{\otimes n} |0\rangle^{\otimes n} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} |x\rangle。$$

该量子黑盒为酉矩阵形式，通过以下公式，根据预设目标状态确定量子黑盒：

$$O = I - 2|\tau\rangle\langle\tau|。$$

式中, O 为量子黑盒, I 为单位矩阵, $|\tau\rangle$ 为预设目标状态。

103、根据量子黑盒和该量子输入态确定迭代算子, 基于该迭代算子和该量子输入态上进行迭代运算, 得到量子中间态, 并将该量子中间态确定为新量子输入态。

具体的, 第一次迭代运算中使用的迭代算子为:

$$G_0 = (2|\psi_0\rangle\langle\psi_0| - I)O。$$

则第一次迭代运算完成后得到的量子中间态, 即第二次迭代运算中使用的量子输入态为:

$$|\psi_1\rangle = G_0|\psi_0\rangle = (2|\psi_0\rangle\langle\psi_0| - I)O|\psi_0\rangle = \left(1 - \frac{4}{N}\right)|\psi_0\rangle + \frac{2}{\sqrt{N}}|\tau\rangle。$$

104、执行该根据量子黑盒和该量子输入态确定迭代算子, 基于该迭代算子和该量子输入态上进行迭代运算, 得到量子中间态, 并将该量子中间态确定为新量子输入态的步骤, 直至达到预设的终止条件, 则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态。

具体的, 如图 2 及图 3 所示, n 量子比特为量子初始态, oracle 的工作空间为量子黑盒。

进一步地, 量子黑盒为酉矩阵形式, 通过以下公式, 执行该根据量子黑盒和该量子输入态确定迭代算子, 基于该迭代算子和该量子输入态上进行迭代运算, 得到量子中间态, 并将该量子中间态确定为新量子输入态的步骤, 直至达到预设的终止条件, 则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态:

$$|\psi_k\rangle = G_{k-1}G_{k-2}\cdots G_1G_0|\psi_0\rangle;$$

$$G_i = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O;$$

式中, $|\psi_k\rangle$ 为被标记的量子状态, $|\psi_i\rangle$ 为第 $i+1$ 次迭代运算中使用的量子输入态, G_i 为 $i+1$ 次迭代运算中使用的迭代算子, $i \in [0, k-1]$, k 为迭代终止次数, $i \in [0, k-1]$, O 为量子黑盒。

其中, 将第一次迭代运算过程完成后得到的量子中间态 $|\psi_1\rangle$ 作为第二次迭代

运算中使用的量子输入态，第二次迭代运算中使用的迭代算子为：

$$G_1 = (2|\psi_1\rangle\langle\psi_1| - I)O。$$

其中，第二次迭代运算中的变化操作算子为：

$$\begin{aligned} 2|\psi_1\rangle\langle\psi_1| - I &= 2\left[\left(1 - \frac{4}{N}\right)|\psi_0\rangle + \frac{2}{\sqrt{N}}|\tau\rangle\right]\left[\left(1 - \frac{4}{N}\right)\langle\psi_0| + \frac{2}{\sqrt{N}}\langle\tau|\right] - I \\ &= 2\frac{(N-4)^2}{N^2}|\psi_0\rangle\langle\psi_0| + \frac{4N-16}{N\sqrt{N}}|\psi_0\rangle\langle\tau| + \frac{4N-16}{N\sqrt{N}}|\tau\rangle\langle\psi_0| + \frac{8}{N}|\tau\rangle\langle\tau| - I \end{aligned}$$

则第二次迭代运算完成后得到的量子中间态，即第三次迭代运算中使用的量子输入态为：

$$\begin{aligned} |\psi_2\rangle &= G_1|\psi_1\rangle = (2|\psi_1\rangle\langle\psi_1| - I)O|\psi_1\rangle \\ &= \left\{2\left[\left(1 - \frac{4}{N}\right)|\psi_0\rangle + \frac{2}{\sqrt{N}}|\tau\rangle\right]\left[\left(1 - \frac{4}{N}\right)\langle\psi_0| + \frac{2}{\sqrt{N}}\langle\tau|\right] - I\right\}O|\psi_1\rangle \\ &= \left(1 - \frac{40}{N} + \frac{240}{N^2} - \frac{448}{N^3} + \frac{256}{N^4}\right)|\psi_0\rangle + \left[\frac{2}{\sqrt{N}}\left(2 - \frac{4}{N}\right)\left(2 - \frac{16}{N} + \frac{16}{N^2}\right)\right]|\tau\rangle \\ &= \left(1 - \frac{40}{N} + \frac{240}{N^2} - \frac{448}{N^3} + \frac{256}{N^4}\right)|\psi_0\rangle + \frac{2}{\sqrt{N}}\left(4 - \frac{40}{N} + \frac{96}{N^2} - \frac{64}{N^3}\right)|\tau\rangle \end{aligned}$$

接着，第三次迭代过程中使用的迭代算子为：

$$G_2 = (2|\psi_2\rangle\langle\psi_2| - I)O。$$

其中，第三次迭代运算中的变化操作算子为：

$$\begin{aligned} 2|\psi_2\rangle\langle\psi_2| - I &= 2\left[\left(1 - \frac{40}{N} + \frac{240}{N^2} - \frac{448}{N^3} + \frac{256}{N^4}\right)|\psi_0\rangle + \frac{2}{\sqrt{N}}\left(4 - \frac{40}{N} + \frac{96}{N^2} - \frac{64}{N^3}\right)|\tau\rangle\right] \\ &\quad \left[\left(1 - \frac{40}{N} + \frac{240}{N^2} - \frac{448}{N^3} + \frac{256}{N^4}\right)\langle\psi_0| + \frac{2}{\sqrt{N}}\left(4 - \frac{40}{N} + \frac{96}{N^2} - \frac{64}{N^3}\right)\langle\tau|\right] - I \\ &= \left(2 - \frac{160}{N} + \frac{5160}{N^2} - \frac{40192}{N^3} + \frac{187904}{N^4} - \frac{471040}{N^5} + \frac{647168}{N^6} - \frac{458752}{N^7} + \frac{131072}{N^8}\right)|\psi_0\rangle\langle\psi_0| \\ &\quad + \left(\frac{16}{\sqrt{N}} - \frac{960}{N\sqrt{N}} + \frac{10624}{N^2\sqrt{N}} - \frac{61184}{N^3\sqrt{N}} + \frac{178176}{N^4\sqrt{N}} - \frac{274432}{N^5\sqrt{N}} + \frac{212992}{N^6\sqrt{N}} - \frac{65536}{N^7\sqrt{N}}\right)|\psi_0\rangle\langle\tau| \\ &\quad + \left(\frac{16}{\sqrt{N}} - \frac{960}{N\sqrt{N}} + \frac{10624}{N^2\sqrt{N}} - \frac{61184}{N^3\sqrt{N}} + \frac{178176}{N^4\sqrt{N}} - \frac{274432}{N^5\sqrt{N}} + \frac{212992}{N^6\sqrt{N}} - \frac{65536}{N^7\sqrt{N}}\right)|\tau\rangle\langle\psi_0| \\ &\quad + \left(\frac{128}{N} - \frac{2560}{N^2} + \frac{18944}{N^3} - \frac{65536}{N^4} + \frac{114688}{N^5} - \frac{98304}{N^6} + \frac{32768}{N^7}\right)|\tau\rangle\langle\tau| - I \end{aligned}$$

则第三次迭代运算完成后得到的量子中间态，第四次迭代运算中使用的量子输入态为：

$$\begin{aligned}
 |\psi_3\rangle &= G_2 |\psi_2\rangle = (2|\psi_2\rangle\langle\psi_2| - I)O|\psi_2\rangle \\
 &= (1 - \frac{40}{N} + \frac{240}{N^2} - \frac{448}{N^3} + \frac{256}{N^4})(1 - \frac{4}{N} + \frac{1600}{N^2} - \frac{2880}{N^3} + \frac{202240}{N^4} - \frac{732160}{N^5} + \\
 &\quad \frac{1490944}{N^6} - \frac{1720320}{N^7} + \frac{1048578}{N^8} - \frac{262144}{N^9})|\psi_0\rangle + \frac{2}{\sqrt{N}}[(5 - \frac{40}{N} + \frac{96}{N^2} - \frac{64}{N^3}) \\
 &\quad (1 - \frac{144}{N} + \frac{3520}{N^2} - \frac{29568}{N^3} + \frac{126720}{N^4} - \frac{292864}{N^5} + \frac{372736}{N^6} - \frac{32768}{N^7}) + (1 - \frac{32}{N} \\
 &\quad + \frac{160}{N^2} - \frac{256}{N^3} + \frac{128}{N^4})(8 - \frac{480}{N} + \frac{5312}{N^2} - \frac{30592}{N^3} + \frac{89088}{N^4} - \frac{137216}{N^5} + \frac{106496}{N^6} \\
 &\quad - \frac{32768}{N^7})]|\tau\rangle
 \end{aligned}$$

从上述 $|\psi_1\rangle$ 、 $|\psi_2\rangle$ 及 $|\psi_3\rangle$ 的表达式中可以看到，在每次迭代运算过程中使用的迭代算子并不固定。就每次迭代之后的状态而言，多变迭代算子的运用加快了预设目标状态概率幅的增加，加快了非预设目标状态概率幅的降低。

因此，定义第 i 次迭代运算完成后的量子中间态，即第 $i+1$ 次迭代运算中使用的量子输入态为：

$$|\psi_i\rangle = a|\psi_0\rangle + b|\tau\rangle (0 < a < 1, 0 < b < 1)。$$

则在第 $i+1$ 次迭代运算中使用的迭代算子为：

$$G_i = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O。$$

其中，第 $i+1$ 次迭代运算中的变化操作算子为：

$$\begin{aligned}
 2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I &= 2(a|\psi_0\rangle + b|\tau\rangle)(a\langle\psi_0| + b\langle\tau|) - I \\
 &= 2a^2|\psi_0\rangle\langle\psi_0| + 2ab|\psi_0\rangle\langle\tau| + 2ab|\tau\rangle\langle\psi_0| + 2b^2|\tau\rangle\langle\tau| - I
 \end{aligned}$$

则第 $i+1$ 次迭代运算完成后得到的量子中间态为：

$$\begin{aligned}
 |\psi_{i+1}\rangle &= G_i |\psi_i\rangle = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O|\psi_i\rangle \\
 &= [2(a|\psi_0\rangle + b|\tau\rangle)(a\langle\psi_0| + b\langle\tau|) - I]O|\psi_i\rangle \\
 &= a \left[a^2 \left(2 - \frac{4}{N} \right) - 2b \left(\frac{2}{\sqrt{N}} + b \right) - 1 \right] |\psi_0\rangle + \\
 &\quad \left[2ab \left(a + \frac{b}{\sqrt{N}} \right) + \left(\frac{2}{\sqrt{N}} + b \right) \left(1 - \frac{2ab}{\sqrt{N}} - 2b^2 \right) \right] |\tau\rangle
 \end{aligned}$$

根据上述的迭代公式，经过 k 次迭代后，得到的量子中间态为被标记的状态，在第 k 次迭代运算过程中使用的迭代算子为：

$$G_{k-1} = (2|\psi_{k-1}\rangle\langle\psi_{k-1}| - I)O。$$

则在第 k 次迭代运算完成后得到的量子中间态，即被标记的量子状态为：

$$\begin{aligned} |\psi_k\rangle &= G_{k-1}|\psi_{k-1}\rangle = (2|\psi_{k-1}\rangle\langle\psi_{k-1}| - I)O|\psi_{k-1}\rangle \\ &= (2|\psi_{k-1}\rangle\langle\psi_{k-1}| - I)O(2|\psi_{k-2}\rangle\langle\psi_{k-2}| - I)O \\ &\quad \cdots (2|\psi_1\rangle\langle\psi_1| - I)O(2|\psi_0\rangle\langle\psi_0| - I)O|\psi_0\rangle \\ &= G_{k-1}G_{k-2}\cdots G_1G_0|\psi_0\rangle \end{aligned}$$

可选的，针对多变旋转轴的量子状态搜索方法的步骤描绘了其迭代过程的几何变化图，因此，通过几何方式描述整个量子状态搜索方法的过程及结果如下所述：

将第一次迭代运算前的量子输入态 $|\psi_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} |x\rangle$ 重新划分，得到目标状态和非目标状态，以将该量子输入态定义到由目标状态和非目标状态张成的二维平面内，则第一次迭代运算前的量子输入态 $|\psi_0\rangle$ 重新定义为：

$$\begin{aligned} |\psi_0\rangle &= \sqrt{\frac{N-M}{N}}|\alpha\rangle + \sqrt{\frac{M}{N}}|\beta\rangle。 \\ |\alpha\rangle &= \frac{1}{\sqrt{N-M}} \sum_x'' |x\rangle。 \\ |\beta\rangle &= \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_x' |x\rangle。 \end{aligned}$$

式中， N 为所有待搜索量子状态的总数， M 为被标记的量子状态的个数， $|\alpha\rangle$ 为非目标状态， $|\beta\rangle$ 为目标状态， $\sum_x'$ 为搜索问题的解， $\sum_x''$ 为非搜索问题的解。

因此， $|\psi_0\rangle$ 可看作向量 $|\alpha\rangle$ 和向量 $|\beta\rangle$ 所形成的二维空间里的向量。而在量子状态搜索方法中的量子黑盒 O 用于标记目标状态，因此，该运算相当于为 $|\alpha\rangle$ 和 $|\beta\rangle$ 所形成的平面上相对于向量 $|\alpha\rangle$ 实施了一次反射变换，即 $O(a|\alpha\rangle + b|\beta\rangle) = a|\alpha\rangle - b|\beta\rangle$ 。

其中，在第 $i+1$ 次迭代运算过程中使用的迭代算子为： $G_i = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O$ ，

因此, 相当于在 $|\alpha\rangle$ 和 $|\beta\rangle$ 所形成的平面上, 运算 $2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I$ 实施了一次相当于向量 $|\psi_i\rangle$ 的反射变换。然而, 这两次的反射变换操作形成了一次旋转操作。

令 $\sqrt{\frac{N-M}{N}} = \cos\theta$, $\sqrt{\frac{M}{N}} = \sin\theta$, 则第一次迭代运算前的量子输入态描述为:

$$|\psi_0\rangle = \cos\theta|\alpha\rangle + \sin\theta|\beta\rangle。$$

如图 4 所示, 根据第一次迭代运算中使用的迭代算子 G_0 将量子输入态进行变换, 得到的量子中间态为:

$$|\psi_1\rangle = G_0|\psi_0\rangle = \cos 3\theta|\alpha\rangle + \sin 3\theta|\beta\rangle。$$

由于在第二次迭代运算过程中使用的迭代算子不再是 G_0 , 因此, 不再以向量 $|\psi_0\rangle$ 为对称轴进行反射, 而是以第一次迭代运算完成后得到的量子中间态 $|\psi_1\rangle$ 进行反射, 因此, 第二次迭代运算后得到的量子中间态为:

$$|\psi_2\rangle = G_1|\psi_1\rangle = G_1G_0|\psi_0\rangle = \cos 9\theta|\alpha\rangle + \sin 9\theta|\beta\rangle。$$

实施第三次迭代运算后得到的量子中间态为:

$$|\psi_3\rangle = G_2|\psi_2\rangle = G_2G_1G_0|\psi_0\rangle = \cos 27\theta|\alpha\rangle + \sin 27\theta|\beta\rangle。$$

实施第四次迭代运算过程后得到的量子中间态为:

$$|\psi_4\rangle = G_3|\psi_3\rangle = G_3G_2G_1G_0|\psi_0\rangle = \cos 81\theta|\alpha\rangle + \sin 81\theta|\beta\rangle。$$

依照上述规律, 实施第 k 次跌倒操作后得到的量子中间态为:

$$|\psi_k\rangle = G_{k-1}|\psi_{k-1}\rangle = G_{k-1}G_{k-2}\cdots G_1G_0|\psi_0\rangle = \cos(3^k)\theta|\alpha\rangle + \sin(3^k)\theta|\beta\rangle。$$

可选的, 本实施例中的量子状态搜索方法的可行性证明如下:

而第 $i+1$ 次迭代过程中使用的迭代算子为: $G_i = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I)O$, 其中 O 为酉算子。其中第 $i+1$ 次迭代过程中的变化操作算子为: $U_i = 2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I$, 则算子 $U_i^+ = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I)^+$ 。

其中, $U_iU_i^+ = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I)(2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I)^+ = 4|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|+I=I$ 。

因此, 第 $i+1$ 次迭代过程中的变化操作算子 $2|\psi_i\rangle\langle\psi_i|-I$ 为酉算子, 满足量子系统中不存在能量损耗, 所有变换均为可逆变换即酉变换的条件。

可选的, 本实施例中的量子搜索方法的性能分析如下:

通过比较使用固定的迭代算子的量子搜索算法 Grover 和本实施例中的量子搜索方法的变换规律，在经过 k 次迭代后，二者的旋转角度的变化情况，如表 1 所示：

表 1

算法\迭代次数	0	1	2	3	...	k-1	k
Grover 算法	θ	3θ	5θ	7θ	...	$(2k-1)\theta$	$(2k+1)\theta$
多变旋转算法	θ	3θ	9θ	27θ	...	$3^{k-1}\theta$	$3^k\theta$

根据上述表格可以看到，随着迭代次数的增加，第一次迭代运算前的量子输入态 $|\psi_0\rangle$ 会越来越接近被标记的量子状态 $|\beta\rangle$ 。当经过 k 次迭代后，则可确定被标记的量子状态，此时角度满足条件： $|\sin(3^k)\theta| \approx 1$ 。

因此，在本实施例中得到被标记的量子状态的最少的迭代终止次数为：

$$k = CI\left(\log_3 \frac{\pi}{2\theta}\right)。$$

式中， $CI(x)$ 表示实数 x 最接近的整数。当 $M \ll N$ 时， $\theta \approx \sin\theta \approx \sqrt{M/N}$ 。

因此，在本实施例中得到被标记的量子状态的最少的迭代终止次数为：

$$k = CI\left(\log_3 \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{M}}\right)。$$

而使用固定的迭代算子的量子搜索算法的最少的迭代终止次数为：

$$k_G = CI\left(\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{N}{M}} - \frac{1}{2}\right)。$$

通过比较 k 和 k_G ，可以得到，本实施例中的量子状态搜索方法以更少的迭代终止次数得到被标记的量子状态，因此本实施例中的量子状态搜索方法的性能更好。

如图 5 所示，Grover 算法与本实施例中的量子状态搜索方法同时作用于量子状态 $|\psi\rangle$ ，分别经过 k'_1 和 k'_2 次相应的旋转操作后，使初始角度 θ 达到 $\pi/6$ 。图中 G 操作表示 Grover 算法的迭代算子， G_i 表示本实施例中的量子搜索方法的迭代算子。初始状态 $|\psi\rangle$ 旋转到在 $\pi/6$ 的位置时，Grover 算法再经过一次旋转操作

只旋转了 2θ 。而本实施例中的量子搜索方法再经过一次旋转操作已经接近被标记的量子状态，其旋转角度远大于 Grover 算法的旋转角度，进一步说明本实施例中的量子搜索方法的算法速率优于 Grover 算法。

在本发明实施例中，通过利用多变迭代算子，使得后续迭代运算后使用的迭代算子随着迭代次数的增加而变换，多变迭代算子的运用加快了目标状态概率幅的增加，加快了非目标状态概率幅的降低。并且在几何图示中，旋转轴同样随着迭代次数的增加而变换，旋转角度为 $3^k\theta$ ，而不是利用固定的旋转轴，从而突破了原有量子搜索算法计算速率的限制，提高了搜索被标记的量子状态的计算速率。

参见图6，图6是本发明提供的第二实施例中的量子状态搜索装置的结构示意图。如图6所示，该装置主要包括：

变换单元 201，用于根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态。

迭代单元 202，用于根据量子黑盒和量子输入态确定迭代算子，基于迭代算子和量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将量子中间态确定为新量子输入态。

输出单元 203，用于执行根据量子黑盒和量子输入态确定迭代算子，基于迭代算子和量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态。

进一步地，所述量子黑盒为酉矩阵形式，则，

输出单元 203，还用于通过以下公式，执行根据量子黑盒和量子输入态确定迭代算子，基于迭代算子和量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态：

$$\begin{aligned} |\psi_k\rangle &= G_{k-1}G_{k-2}\cdots G_1G_0|\psi_0\rangle。 \\ G_i &= (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O。 \end{aligned}$$

式中， $|\psi_k\rangle$ 为被标记的量子状态， $|\psi_i\rangle$ 为第 $i+1$ 次迭代运算中使用的量子输入态， G_i 为 $i+1$ 次迭代运算中使用的迭代算子， $i \in [0, k-1]$ ， k 为迭代终止次数， $i \in [0, k-1]$ ， O 为量子黑盒。

进一步地，变换单元 201，还用于通过以下公式，根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态：

$$|\psi_0\rangle = H^{\otimes n}|0\rangle^{\otimes n}。$$

式中， $|\psi_0\rangle$ 为第一次迭代运算中使用的量子输入态， $H^{\otimes n}$ 为哈达玛变换效应， $|0\rangle^{\otimes n}$ 为量子初始态。

进一步地，所述量子输入态为等幅度值的叠加态，则装置还包括：确定单元 204。

确定单元 204，用于根据预设目标状态确定量子黑盒。

进一步地，确定单元 204，还用于通过以下公式，根据预设目标状态确定量子黑盒，

$$O = I - 2|\tau\rangle\langle\tau|。$$

式中， O 为量子黑盒， I 为单位矩阵， $|\tau\rangle$ 为预设目标状态。

本实施例未尽之细节，请参阅前述图 1 至图 5 所示的实施例的描述，此处不再赘述。

在本发明实施例中，通过利用多变迭代算子，使得后续迭代运算后使用的迭代算子随着迭代次数的增加而变换，多变迭代算子的运用加快了目标状态概率幅的增加，加快了非目标状态概率幅的降低。并且在几何表示中，旋转轴同样随着迭代次数的增加而变换，旋转角度为 $3^k\theta$ ，而不是利用固定的旋转轴，从而突破了原有量子搜索算法计算速率的限制，提高了搜索被标记的量子状态的计算速率。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中沒有详

述的部分，可以参见其他实施例的相关描述。

以上为本发明所提供的量子状态搜索方法及装置的描述，对于本领域的一般技术人员，依据本发明实施例的思想，在具体实施方式及应用范围上均有改变之处，综上，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

权 利 要 求 书

1、一种量子状态搜索方法，其特征在于，所述方法包括：

根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态；

根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态；

执行所述根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态。

2、如权利要求 1 所述的量子状态搜索方法，其特征在于，所述量子黑盒为酉矩阵形式，则通过以下公式，执行所述根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态：

$$|\psi_k\rangle = G_{k-1}G_{k-2}\cdots G_1G_0|\psi_0\rangle;$$

$$G_i = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O;$$

式中， $|\psi_k\rangle$ 为被标记的量子状态， $|\psi_i\rangle$ 为第 $i+1$ 次迭代运算中使用的量子输入态， G_i 为 $i+1$ 次迭代运算中使用的迭代算子， $i \in [0, k-1]$ ， k 为迭代终止次数， $i \in [0, k-1]$ ， O 为所述量子黑盒。

3、如权利要求 2 所述的量子状态搜索方法，其特征在于，通过以下公式，根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态：

$$|\psi_0\rangle = H^{\otimes n}|0\rangle^{\otimes n};$$

式中， $|\psi_0\rangle$ 为第一次迭代运算中使用的量子输入态， $H^{\otimes n}$ 为哈达玛变换效应， $|0\rangle^{\otimes n}$ 为量子初始态。

4、如权利要求3所述的量子状态搜索方法，其特征在于，所述量子输入态为等幅度值的叠加态，则所述根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态之后，包括：

根据预设目标状态确定量子黑盒。

5、如权利要求4所述的量子状态搜索方法，其特征在于，通过以下公式，根据预设目标状态确定量子黑盒：

$$O = I - 2|\tau\rangle\langle\tau|;$$

式中， O 为量子黑盒， I 为单位矩阵， $|\tau\rangle$ 为预设目标状态。

6、一种量子状态搜索装置，其特征在于，所述装置包括：

变换单元，用于根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换，得到量子输入态；

迭代单元，用于根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态；

输出单元，用于执行所述根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态。

7、如权利要求6所述的量子状态搜索装置，其特征在于，所述量子黑盒为酉矩阵形式，则，

所述输出单元，还用于通过以下公式，执行所述根据量子黑盒和所述量子输入态确定迭代算子，基于所述迭代算子和所述量子输入态上进行迭代运算，得到量子中间态，并将所述量子中间态确定为新量子输入态的步骤，直至达到预设的终止条件，则得到的量子中间态确定为被标记的量子状态：

$$|\psi_k\rangle = G_{k-1}G_{k-2}\cdots G_1G_0|\psi_0\rangle;$$

$$G_i = (2|\psi_i\rangle\langle\psi_i| - I)O;$$

式中, $|\psi_k\rangle$ 为被标记的量子状态, $|\psi_i\rangle$ 为第 $i+1$ 次迭代运算中使用的量子输入态, G_i 为 $i+1$ 次迭代运算中使用的迭代算子, $i \in [0, k-1]$, k 为迭代终止次数, $i \in [0, k-1]$, O 为所述量子黑盒。

8、如权利要求 7 所述的量子状态搜索装置, 其特征在于,

所述变换单元, 还用于通过以下公式, 根据哈达玛变换效应将量子初始态进行变换, 得到量子输入态:

$$|\psi_0\rangle = H^{\otimes n} |0\rangle^{\otimes n};$$

式中, $|\psi_0\rangle$ 为第一次迭代运算中使用的量子输入态, $H^{\otimes n}$ 为哈达玛变换效应, $|0\rangle^{\otimes n}$ 为量子初始态。

9、如权利要求 8 所述的量子状态搜索装置, 其特征在于, 所述量子输入态为等幅度值的叠加态, 则所述装置还包括: 确定单元;

所述确定单元, 用于根据预设目标状态确定量子黑盒。

10、如权利要求 9 所述的量子状态搜索装置, 其特征在于,

所述确定单元, 还用于通过以下公式, 根据预设目标状态确定量子黑盒:

$$O = I - 2|\tau\rangle\langle\tau|;$$

式中, O 为量子黑盒, I 为单位矩阵, $|\tau\rangle$ 为预设目标状态。

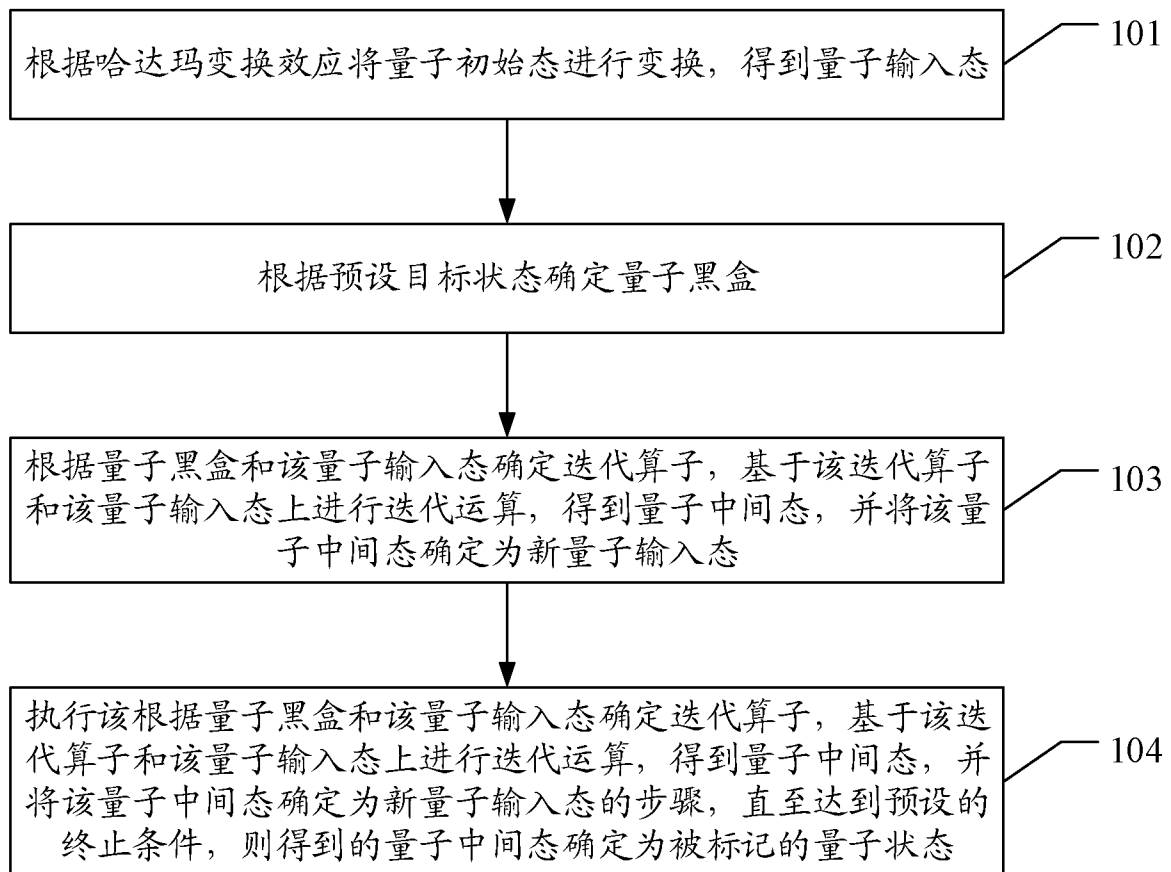


图 1

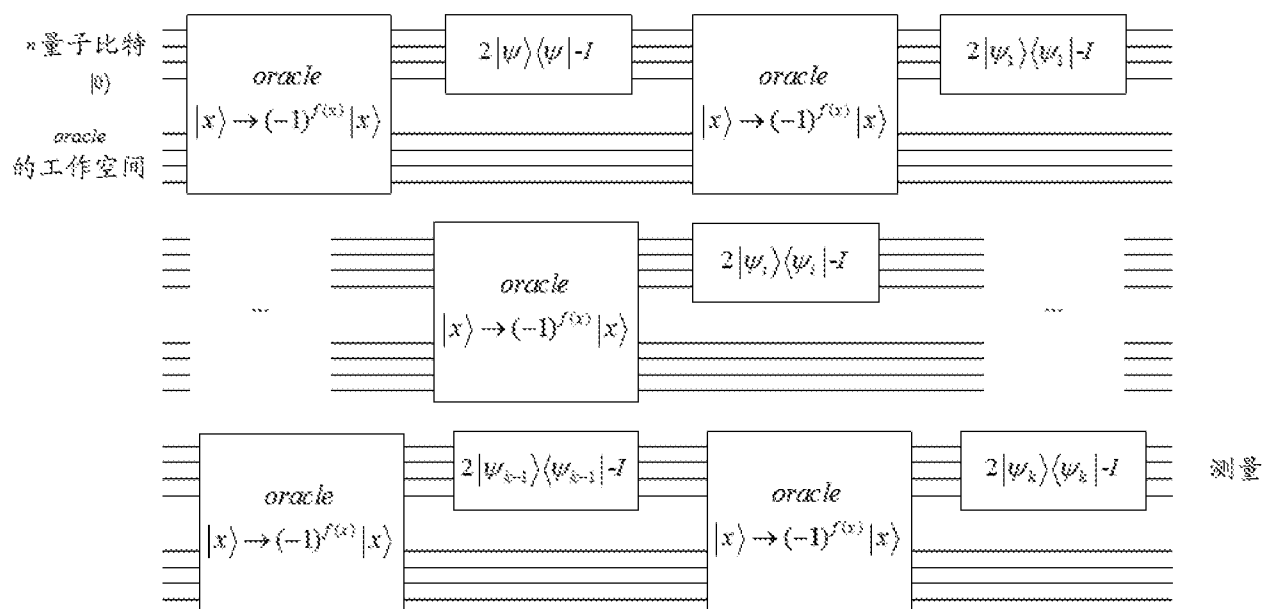


图 2

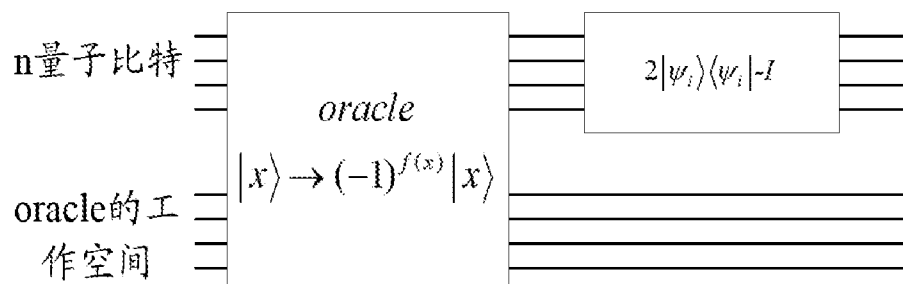


图 3

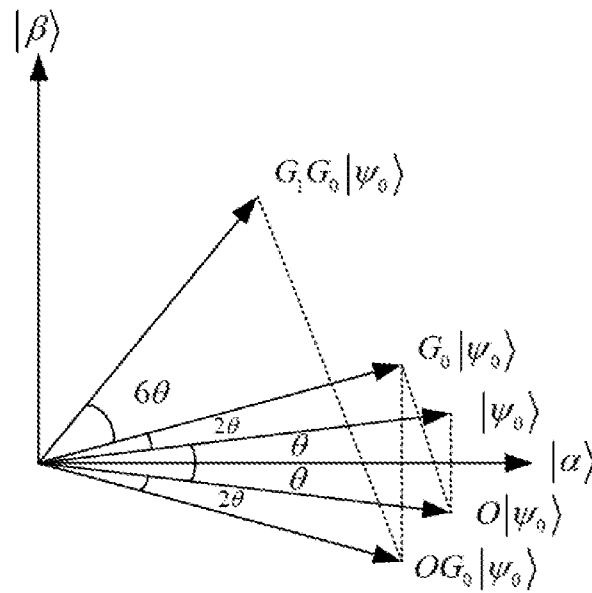


图 4

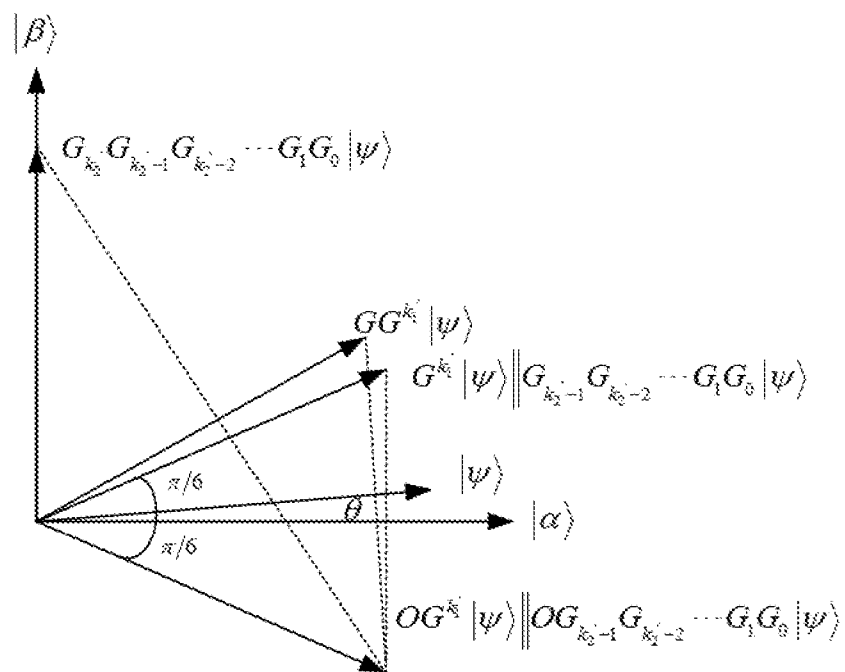


图 5

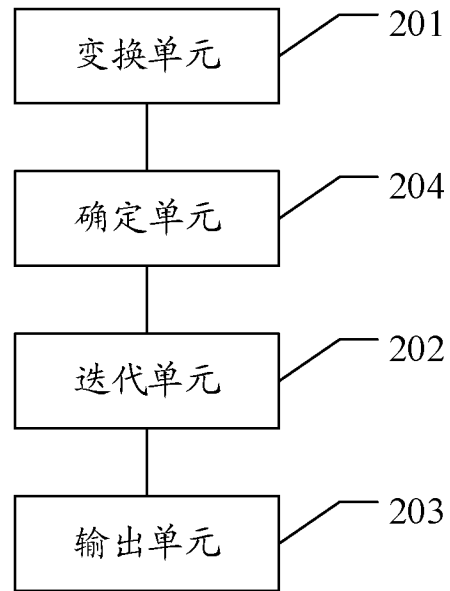


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/110389

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06N 10/00(2019.01)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)

G06N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, IEEE, GOOGLE: 叠加态, 变化, 进化, 态, algorithm, 中间态, 输入, 初态, 变换, quantum, 运算, black, 量子, grover, 多变, 状态, 反射, 算子, 迭代, 搜索, comput+, 叠加, iterat+, Grover, 酉矩阵

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	李士勇 等 (LI, shiyong et al.). 量子计算与量子优化算法 (<i>Quantum Computation and Quantum Optimization Algorithms</i>), 31 May 2009 (2009-05-31), pages 46-50	1-10
A	CN 102495886 A (HENAN POLYTECHNIC UNIVERSITY) 13 June 2012 (2012-06-13) entire document	1-10
A	CN 107025206 A (GUANGXI NORMAL UNIVERSITY) 08 August 2017 (2017-08-08) entire document	1-10
A	US 7028275 B1 (THE TEXAS A & M UNIVERSITY SYSTEM) 11 April 2006 (2006-04-11) entire document	1-10



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

13 June 2019

Date of mailing of the international search report

03 July 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/110389

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	102495886	A	13 June 2012	None	
CN	107025206	A	08 August 2017	None	
US	7028275	B1	11 April 2006	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/110389

A. 主题的分类 G06N 10/00 (2019.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI, IEEE, GOOGLE: 叠加态, 变化, 进化, 态, algorithm, 中间态, 输入, 初态, 变换, quantum, 运算, black, 量子, grover, 多变, 状态, 反射, 算子, 迭代, 搜索, comput+, 叠加, iterat+, Grover, 酉矩阵																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>李士勇 等. 《量子计算与量子优化算法》, 2009年 5月 31日 (2009 - 05 - 31), 46-50页</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102495886 A (河南理工大学) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107025206 A (广西师范大学) 2017年 8月 8日 (2017 - 08 - 08) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 7028275 B1 (THE TEXAS A & M UNIVERSITY SYSTEM) 2006年 4月 11日 (2006 - 04 - 11) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	李士勇 等. 《量子计算与量子优化算法》, 2009年 5月 31日 (2009 - 05 - 31), 46-50页	1-10	A	CN 102495886 A (河南理工大学) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文	1-10	A	CN 107025206 A (广西师范大学) 2017年 8月 8日 (2017 - 08 - 08) 全文	1-10	A	US 7028275 B1 (THE TEXAS A & M UNIVERSITY SYSTEM) 2006年 4月 11日 (2006 - 04 - 11) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	李士勇 等. 《量子计算与量子优化算法》, 2009年 5月 31日 (2009 - 05 - 31), 46-50页	1-10															
A	CN 102495886 A (河南理工大学) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文	1-10															
A	CN 107025206 A (广西师范大学) 2017年 8月 8日 (2017 - 08 - 08) 全文	1-10															
A	US 7028275 B1 (THE TEXAS A & M UNIVERSITY SYSTEM) 2006年 4月 11日 (2006 - 04 - 11) 全文	1-10															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件													
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期															
2019年 6月 13日		2019年 7月 3日															
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员															
中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		林芳 电话号码 86-(10)-53961337															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/110389

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	102495886	A	2012年 6月 13日	无	
CN	107025206	A	2017年 8月 8日	无	
US	7028275	B1	2006年 4月 11日	无	