



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102017188 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 22

(21) 申请号 200880128829. 2

H01L 31/078(2012. 01)

(22) 申请日 2008. 06. 11

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

12/036, 766 2008. 02. 25 US

US 2006/0255340 A1, 2006. 11. 16, 说明书第 3 页第 22 段至第 4 页第 29 段, 说明书附图 1.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 10. 19

US 2007/0023081 A1, 2007. 02. 01, 说明书第 1 页第 8 段, 第 3 页第 38 段至第 5 页第 51 段, 附图 2.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2008/007356 2008. 06. 11

US 6281426 B1, 2001. 08. 28, 说明书第 7 栏第 20 行至第 8 栏第 56 行, 第 9 栏第 51 行至第 10 栏第 15 行, 附图 2.

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/108162 EN 2009. 09. 03

US 6281426 B1, 2001. 08. 28, 说明书第 7 栏第 20 行至第 8 栏第 56 行, 第 9 栏第 51 行至第 10 栏第 15 行, 附图 2.

(73) 专利权人 桑艾维公司

地址 美国乔治亚州

CN 1074558 A, 1993. 07. 21, 全文.

(72) 发明人 丹尼尔·L·迈耶 艾吉特·罗哈吉

审查员 吴海涛

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司

44202

代理人 王基才 王静

(51) Int. Cl.

H01L 31/0376(2006. 01)

H01L 31/068(2012. 01)

H01L 31/072(2012. 01)

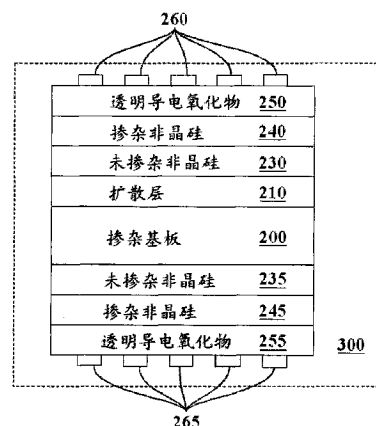
权利要求书6页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

硅基太阳能电池

(57) 摘要

本发明公开了一种薄硅太阳能电池, 更具体地, 太阳能电池可以由厚度约 50 至 500 微米的结晶硅晶片制成。太阳能电池包括具有 p-n 同质接面的第一区、可产生异质界面表面钝化的第二区, 以及可产生异质界面表面钝化的第三区。非晶硅层在低于约 400 摄氏度的温度下沉积于硅晶片的两侧, 以减小非晶硅钝化特性损失。在大约 165 摄氏度的温度下, 在两侧形成最终的透明导电氧化物层。金属触点施加于透明导电氧化物上。用于制造太阳能电池外层的低温和极薄材料层可防止薄晶片受到可能导致晶片变形的过大应力。



1. 一种光电装置,包括:

包含基层和邻近基层的扩散层的结晶硅基板,其中,基层的导电类型与扩散层的导电类型相反,在基层和扩散层的界面形成 p-n 同质界面;

与结晶硅的基层相接合以钝化基层表面的第一本征非晶硅层,在基层和第一本征非晶硅层的界面形成第一异质界面;

与结晶硅的扩散层相接合以钝化扩散层表面的第二本征非晶硅层,在扩散层和第二本征非晶硅层的界面形成第二异质界面;

与第一本征非晶硅层相接合以加强结晶硅电场的第一掺杂非晶硅层,其中,第一掺杂非晶硅层的导电类型与基层的导电类型相同;以及

与第二本征非晶硅层相接合以加强结晶硅电场的第二掺杂非晶硅层,其中,第二掺杂非晶硅层的导电类型与扩散层的导电类型相同。

2. 根据权利要求 1 所述的光电装置,进一步包括:

与第一掺杂非晶硅层相接合以引导电荷并提供减反射涂层的第一透明导电氧化物层;以及

与第二掺杂非晶硅层相接合以引导电荷并提供减发射涂层的第二透明导电氧化物层。

3. 根据权利要求 2 所述的光电装置,其特征在于:所述第一透明导电氧化物层和第二透明导电氧化物层包含氧化铟锡。

4. 根据权利要求 2 所述的光电装置,其特征在于:所述第一透明导电氧化物层和第二透明导电氧化物层包含氧化锌。

5. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述结晶硅的厚度为 50 至 500 微米。

6. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述第一本征非晶硅层的厚度为 2 至 10 纳米。

7. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述第一本征非晶硅层的厚度与第二本征非晶硅层的厚度相同。

8. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述第一本征非晶硅层的厚度小于第二本征非晶硅层的厚度。

9. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述结晶硅为单晶硅。

10. 根据权利要求 9 所述的光电装置,其特征在于:所述单晶硅表面具有(100)晶向。

11. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述结晶硅为多晶硅。

12. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述第一掺杂非晶硅层的厚度为 4 至 20 纳米。

13. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述第二掺杂非晶硅层的厚度为 4 至 20 纳米。

14. 根据权利要求 2 所述的光电装置,进一步包括:

与所述第一透明导电氧化物层相接合以引导电荷的第一若干触点;以及

与所述第二透明导电氧化物层相接合以引导电荷的第二若干触点。

15. 根据权利要求 2 所述的光电装置,其特征在于:所述第一透明导电氧化物层的厚度为 75 纳米。

16. 根据权利要求 2 所述的光电装置,其特征在于:所述第一透明导电氧化物层的薄层

电阻为 50 欧姆 / 平方。

17. 根据权利要求 2 所述的光电装置,其特征在于:所述第一透明导电氧化物层的折射率为 2.0。

18. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述结晶硅为硅晶片。

19. 根据权利要求 18 所述的光电装置,其特征在于:所述硅晶片为形成有 p- 型区的 p- 型硅晶片,所述 n- 型区为硅晶片中的扩散层。

20. 根据权利要求 19 所述的光电装置,其特征在于:所述 n- 型区的薄层电阻为 10 至 1000 欧姆 / 平方。

21. 根据权利要求 1 所述的光电装置,其特征在于:所述基层经掺杂具有 p- 型导电,所述扩散层经掺杂具有 n- 型导电。

22. 根据权利要求 21 所述的光电装置,其特征在于:所述扩散层的薄层电阻为 10 至 1000 欧姆 / 平方。

23. 一种太阳能电池,包括:

第一区,第一区包含同质接面、位于同质接面顶部的顶面和位于同质接面底部的底面,其中,同质接面定义电场,将光生电子导向顶面和底面中的一个,并将光生电洞导向顶面和底面中的另一个;

与第一区相接合以钝化第一区顶面的第二区,第一区和第二区的界面包含第一异质接面,其中,第二区包括与第一区的顶面相接触的第一未掺杂非晶硅层和在第一未掺杂非晶硅层上的第一掺杂非晶硅层;以及

与第一区相接合以钝化第一区底面的第三区,第一区和第三区的界面包含第二异质接面,其中,第三区包括与第一区的底面相接触的第二未掺杂非晶硅层和在第二未掺杂非晶硅层下的第二掺杂非晶硅层。

24. 根据权利要求 23 所述的太阳能电池,其特征在于:所述电场为第一电场,所述第一异质接面包含第二电场,所述第二异质接面包含第三电场。

25. 根据权利要求 24 所述的太阳能电池,其特征在于:所述第一电场、第二电场和第三电场的方向相同。

26. 根据权利要求 23 所述的太阳能电池,其特征在于:所述第一区包含结晶硅。

27. 根据权利要求 23 所述的太阳能电池,其特征在于:所述第一掺杂非晶硅层经掺杂具有 n- 型导电类型。

28. 根据权利要求 23 所述的太阳能电池,其特征在于:所述第二掺杂非晶硅层经掺杂具有 p- 型导电。

29. 根据权利要求 23 所述的太阳能电池,其特征在于:所述第一区的厚度为 50 至 500 微米。

30. 根据权利要求 23 所述的太阳能电池,其特征在于:所述第一区为硅晶片。

31. 根据权利要求 30 所述的太阳能电池,其特征在于:所述硅晶片为形成有 p- 型层的 p- 型硅晶片,n- 型层为硅晶片中的扩散层,同质接面为 p- 型层和 n- 型层的界面。

32. 根据权利要求 31 所述的太阳能电池,其特征在于:所述 n- 型层的薄层电阻为 10 至 1000 欧姆 / 平方。

33. 根据权利要求 30 所述的太阳能电池,其特征在于:所述硅晶片为形成有 n- 型层的

n- 型硅晶片, p- 型层为硅晶片中的扩散层, 同质接面为 n- 型层和 p- 型层的界面。

34. 根据权利要求 33 所述的太阳能电池, 其特征在于: 所述 p- 型区的薄层电阻为 10 至 1000 欧姆 / 平方。

35. 一种太阳能电池模组, 其包括:

若干个串联连接的太阳能电池, 其中, 若干个太阳能电池中的每个太阳能电池包括:

掺杂成第一导电类型的硅晶片;

形成于硅晶片上的扩散层, 其中, 扩散层掺杂成与第一导电类型相反的第二导电类型, 以在扩散层和硅晶片的界面形成 p-n 同质接面;

与扩散层的前面相接合的第一非晶硅层, 在第一非晶硅层和扩散层的前面的界面形成第一异质接面, 以钝化前面并加强 p-n 同质接面电场, 其中, 第一非晶硅层包括第一本征非晶硅层和第一掺杂非晶硅层, 第一本征非晶硅层与扩散层的前面相结合, 第一掺杂非晶硅层与第一本征非晶硅层的前面相结合;

与硅晶片的后面相接合的第二非晶硅层, 在第二非晶硅层和硅晶片的后面的界面形成第二异质接面, 以钝化后面并加强 p-n 同质接面电场, 其中, 第二非晶硅层包括与硅晶片的后面相结合的 second 本征非晶硅层和与第二本征非晶硅层的后面相结合的第二掺杂非晶硅层, 且第二掺杂非晶硅层的导电类型与硅晶片的导电类型相同;

与第一非晶硅层相接合以提供减反射涂层和引导电流的第一导电氧化物层; 以及

与第二非晶硅层相接合以引导电流的第二导电氧化物层;

与若干个太阳能电池相接合以保护若干个太阳能电池的透明封装材料; 以及

与透明封装材料相接合且与若干个太阳能电池的后面相对, 以将透过太阳能电池的光线反射至太阳能电池以增加太阳能电池内光吸收的反光材料。

36. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述透明封装材料为醋酸乙烯酯。

37. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述反光材料为聚氟乙烯板。

38. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述若干个太阳能电池包含 36 个太阳能电池。

39. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述若干个太阳能电池包含 72 个太阳能电池。

40. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述第一导电氧化物层和第二导电氧化物层均透明。

41. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 进一步包括: 与透明封装材料相接合且与若干个太阳能电池的前面相对, 以为太阳能电池模组提供刚度并保护若干个太阳能电池的玻璃板。

42. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述若干个太阳能电池中的每个太阳能电池包括:

与第一导电氧化物层相接合以引导电流的第一若干触点; 以及

与第二导电氧化物层相接合以引导电流的第二若干触点。

43. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组, 其特征在于: 所述若干个太阳能电池中

的每个太阳能电池的厚度为 50 至 500 微米。

44. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组,其特征在于:所述若干个太阳能电池中的每个太阳能电池的厚度小于 150 微米。

45. 根据权利要求 35 所述的太阳能电池模组,其特征在于:所述若干个太阳能电池中的每个太阳能电池的厚度小于 100 微米。

46. 一种用于制造光电装置的方法,包括:

在一热循环中,在掺杂基板上形成扩散层,使两者形成为薄结晶硅晶片,其中,热循环在熔炉内进行,且扩散层的导电类型与掺杂基板的导电类型相反,形成 p-n 同质界面;

向熔炉内注入氧气,以在热循环中在结晶硅晶片的第一表面上形成邻近扩散层的第一氧化物层,并在结晶硅晶片的第二表面上形成与扩散层相对的第二氧化物层;

移除第一和第二氧化物层,以暴露结晶硅晶片的第一和第二表面;

在结晶硅晶片的第一表面上形成第一未掺杂非晶硅层;

在结晶硅晶片的第二表面上形成第二未掺杂非晶硅层;

在第一未掺杂非晶硅层上形成第一掺杂非晶硅层,其中,第一掺杂非晶硅的导电类型与扩散层的导电类型相同;以及

在第二未掺杂非晶硅层上形成第二掺杂非晶硅层,其中,第二掺杂非晶硅的导电类型与扩散层的导电类型相反。

47. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一未掺杂非晶硅层和第二未掺杂非晶硅层同时形成。

48. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述结晶硅晶片的厚度为 50 至 500 微米。

49. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一氧化物层的厚度与第二氧化物层的厚度相同。

50. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述扩散层在 700 至 1000 摄氏度的温度下形成于掺杂基板上,使两者形成为结晶硅片。

51. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:在形成所述第一和第二氧化物层时,部分结晶硅晶片被消耗。

52. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一和第二热氧化物层未用湿式化学清洗方法移除。

53. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一和第二热氧化物层通过使用氢氟酸溶液移除。

54. 根据权利要求 53 所述的方法,其特征在于:所述氢氟酸溶液包含 24 份水和 1 份 49% 氢氟酸。

55. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一未掺杂非晶硅层在 10 毫托压力下通过热丝化学气相沉积法分解硅烷形成,结晶硅晶片的温度为 100 摄氏度。

56. 根据权利要求 55 所述的方法,其特征在于:在热丝化学气相沉积法中,通过将金属丝加热至 2000 摄氏度使硅烷分子分解。

57. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一未掺杂非晶硅层通过等离子体辅助化学蒸气沉积法分解硅烷形成,使用频率范围为 13 至 70 兆赫的频率激发等离子体。

58. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一未掺杂非晶硅层的厚度为 2 至 10 纳米。

59. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述结晶硅晶片的扩散层为 p- 型,结晶硅晶片的掺杂基板为 n- 型,第一掺杂非晶硅层为 p- 型,第二掺杂非晶硅层为 n- 型。

60. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述结晶硅晶片的扩散层为 n- 型,结晶硅晶片的掺杂基板为 p- 型,第一掺杂非晶硅层为 n- 型,第二掺杂非晶硅层为 p- 型。

61. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第一掺杂非晶硅层通过对硅烷和存于氢气中的 5% 磷化氢施加热丝化学气相沉积法形成,硅烷和存于氢气中的 5% 磷化氢在 60 毫托压力下的比为 1 :1. 2,结晶硅晶片保持在 200 摄氏度的温度下。

62. 根据权利要求 46 所述的方法,其特征在于:所述第二掺杂非晶硅层通过对硅烷和存于氢气中的 2. 5% 乙硼烷施加热丝化学气相沉积法形成,硅烷和存在于氢气中的 2. 5% 乙硼烷在 70 毫托压力下的比为 1 :5,结晶硅晶片保持在 250 摄氏度的温度下。

63. 根据权利要求 46 所述的方法,进一步包括:

在第一掺杂非晶硅层上形成第一导电氧化物层,以及

在第二掺杂非晶硅层上形成第二导电氧化物层。

64. 根据权利要求 63 所述的方法,其特征在于:所述第一导电氧化物层通过在氧气存在下蒸发 90% 镉、10% 锡合金形成,结晶硅晶片保持在 165 摄氏度的温度下。

65. 根据权利要求 63 所述的方法,其特征在于:所述第一导电氧化物层通过溅镀形成。

66. 根据权利要求 63 所述的方法,进一步包括:

在第一导电氧化物上施加第一若干触点;以及

在第二导电氧化物上施加第二若干触点。

67. 根据权利要求 66 所述的方法,其特征在于:所述第一和第二若干触点通过在低于 400 摄氏度的温度下沉积银施加。

68. 一种用于制造光电装置的方法,包括:

在 700 至 1000 摄氏度的温度下,将若干个具有基板掺杂材料的硅晶片放置在熔炉内的晶片舟上;

在晶片舟上放置若干个掺杂剂源,若干个掺杂剂源中的每两个掺杂剂源之间置有若干个硅晶片中的两个硅晶片,其中,掺杂剂源向若干个硅晶片中的每一个硅晶片的前面扩散一层掺杂剂,形成扩散层和 p-n 同质界面;

向熔炉内注入氧气,以在若干个硅晶片中的每个硅晶片的前面生长第一氧化物层,后面生长第二氧化物层;

将若干个硅晶片自熔炉中移走;

用氢氟酸剥离第一氧化物层和第二氧化物层;以及

在若干个硅晶片中的每个硅晶片的前面生长第一本征非晶硅层;

在若干个硅晶片中的每个硅晶片的后面生长第二本征非晶硅层;

在若干个硅晶片中的每个硅晶片的第一本征非晶硅层上生长第一掺杂非晶硅层,其中,第一掺杂非晶硅层的导电类型与扩散层的导电类型相同;以及

在若干个硅晶片中的每个硅晶片的第二本征非晶硅层上生长第二掺杂非晶硅层,其中,第二掺杂非晶硅层的导电类型与扩散层的导电类型相反。

69. 根据权利要求 68 所述的方法, 其特征在于: 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片与相邻掺杂剂源之间的间距为 3/32 英寸。

70. 根据权利要求 68 所述的方法, 其特征在于: 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片与相邻硅晶片之间的间距为 3/16 英寸。

71. 根据权利要求 68 所述的方法, 其特征在于: 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片的厚度均小于 200 微米。

72. 根据权利要求 68 所述的方法, 其特征在于: 所述若干个硅晶片均为 n- 型, 所述若干个掺杂剂源均为 p- 型, 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片的第一掺杂非晶硅层均为 p- 型, 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片的第二掺杂非晶硅层均为 n- 型。

73. 根据权利要求 68 所述的方法, 其特征在于: 所述若干个硅晶片均为 p- 型, 所述若干个掺杂剂源均为 n- 型, 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片的第一掺杂非晶硅层均为 n- 型, 所述若干个硅晶片中的每个硅晶片的第二掺杂非晶硅层均为 p- 型。

硅基太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明涉及硅太阳能电池,更具体地说,本发明涉及一种可减少表面电洞与电子再结合的晶片结构,以及一种可使引入薄硅晶片的应力更低以增强其结构完整性的方法。

背景技术

[0002] 太阳能电池是将光能转化为电能的装置,通常也称为光伏打电池(photovoltaic cell, PV cell)。太阳能电池可由多种半导体制造,常用的一种半导体材料是结晶硅。

[0003] 太阳能电池包含三个主要元件:(1) 半导体;(2) 半导体接面;和(3) 导电触点。半导体,例如硅,可以是 n- 型掺杂或 p- 型掺杂。当 n- 型硅和 p- 型硅接合时,太阳能电池中 n- 型硅和 p- 型硅接触的区域为半导体接面。半导体可吸收光,来自光的能量可转移至硅层原子的价电子上,使得价电子逃逸其束缚状态而留下一个电洞。光生电子和电洞由与 p-n 接面相关的电场分离。导电触点允许电流自太阳能电池流向外部电路。

[0004] 图 1 所示为现有技术太阳能电池的基本元件。太阳能电池制造于硅晶片上。太阳能电池 5 包含 p- 型硅基材 10、n- 型硅发射体 20、底部导电触点 40,以及顶部导电触点 50。n- 型硅发射体 20 与顶部导电触点 50 相接合。p- 型硅基材 10 与底部导电触点 40 相接合。顶部导电触点 50 和底部导电触点 40 与负载 75 相接合。

[0005] 包含银的顶部导电触点 50 可使电流流入太阳能电池 5。但是,因为银不透光,所以顶部导电触点 50 不能覆盖太阳能电池 5 的整个表面。因此,顶部导电触点 50 具有允许光进入太阳能电池 5 的网格状线。电子自顶部导电触点 50 流出,经过负载 75,然后通过底部导电触点 40 与电洞结合。

[0006] 底部导电触点 40 通常包含铝-硅共晶。底部导电触点 40 通常覆盖 p- 型硅 10 的整个底部,以使导电率最大化。铝和硅在约 750 摄氏度的高温下形成合金,远高于 577 摄氏度的铝-硅共晶温度。此合金化反应可在基材的底部形成高度掺杂的 p- 型区并在那里产生强电场。此电场可帮助与 p-n 接面相关联的电场分离电子与电洞,使得顶部触点收集电子,底部触点收集电洞。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种太阳能电池结构,其包含 p-n 同质接面和异质接面表面钝化,以减少电子和电洞在表面上因再结合而减少,增强 p-n 同质接面的内部电场。本发明还提供了一种适合在薄结晶硅晶片上制造太阳能电池的制造方法。根据本发明的一个实施方式,若干个具有 p-n 型同质接面和异质接面表面钝化的太阳能电池串联连接,并接合在透明封装材料和反光材料上。

[0008] 上述说明为概述,因此必然包括细节的简化、归纳和省略。因此,本领域的技术人员应当理解:概述仅仅是阐释性的,绝非限定性的。在下面的非限定性的详细描述中,仅由权利要求界定的本发明的其他方面、发明特征和优点将变得显而易见。

附图说明

[0009] 图 1 为现有技术太阳能电池的剖视图。

[0010] 图 2 为太阳能电池制造方法的一个实施方式的流程图。

[0011] 图 3A 至图 3F 为制造方法的各个阶段的硅晶片的一个实施方式的剖视图。

[0012] 图 4 为用于在硅晶片上形成扩散层和在所有晶片表面上形成二氧化硅薄层的熔炉的一个实施方式。

[0013] 图 5 为包含若干个太阳能电池的太阳能电池模组。

具体实施方式

[0014] 下面的详细描述中列举了大量的具体细节,以便于充分理解本发明。但是,可以理解的是,没有这些具体细节,本领域的技术人员也可以实施本发明。此外,众所周知的方法、程序、元件和电路并未细述,以便清晰地描述本发明。

[0015] 太阳能清洁可靠,因此是一种理想的能源。但是,迄今为止,影响太阳能进一步利用的一个障碍在于:太阳能收集系统的成本昂贵。硅晶片自身的成本约占太阳能电池制造成本的 75%,因此,理论上说,自一个硅锭切割出的晶片越多,就可以越好地节约成本。但是,晶片越薄,成品率通常越低。而且,如果在制造过程中暴露于不均匀的高温下,或者暴露于硅晶片上的其他层的应力下(尤其是暴露于铝-硅共晶层的应力下),较薄的晶片更容易发生变形。

[0016] 图 2 所示为根据本发明一个实施方式,由薄硅晶片制造太阳能电池的制造方法的流程图。例如,此制造方法可用于由厚度为 100 至 150 微米(按照现有标准,此厚度较薄)的硅晶片制造太阳能电池。但是,本发明并不限于薄太阳能电池,本发明还可以应用于其他装置上,如光电二极管或光电探测器。在操作 100 中,在厚度约 50 至 500 微米的结晶硅晶片上形成 p-n 同质界面。晶片可以是单晶或多晶。晶片的表面也可以进行纹理化。例如,具有(100)晶面的结晶硅晶片可以通过各向异性蚀刻形成具有(111)晶面的小四面金字塔阵列。此纹理化表面有助于降低反射率和在太阳能电池内部捕获光。

[0017] 根据本发明的一个实施方式,在具有 p-型掺杂的硅晶片的一侧形成 n-型扩散层。扩散层可以在扩散炉中形成,图 4 示出了用于掺杂若干个硅晶片 410 的扩散熔炉 400 的一个具体实施方式。扩散熔炉 400 包括晶片舟 405、若干个硅晶片 410,以及若干个掺杂剂源 420。掺杂剂源 420 具有将 n-型掺杂剂(如磷、锑或砷)施加于两个表面上的源。

[0018] 若干个硅晶片 410 和若干个掺杂剂源 420 可以以一定方式置于晶片舟 405 上,使得第一掺杂剂源 420 和第二掺杂剂源 420 之间放置有两个硅晶片 410。例如,图 4 所示掺杂剂源 420 置于晶片舟 405 最左侧边槽上,第一硅晶片 410 与此掺杂剂源 420 相邻,第一硅晶片 410 后是第二硅晶片 410,第二硅晶片 410 之后又是第二掺杂剂源 420。如果此方式继续直至晶片舟 405 中填满掺杂剂源 420 和硅晶片 410,每两个硅晶片 410 被其两侧的各一个掺杂剂源 420 夹在中间。图 4 所示的晶片的中心间距约为 3/32 英寸。硅晶片 410 和掺杂剂源 420 的放置和间距使得每个硅晶片 410 的一个表面层可掺入来自掺杂剂源 420 的杂质。

[0019] 一旦若干个硅晶片 410 和若干个掺杂剂源 420 置于晶片舟 405 上,可将熔炉的温度设定为约 700 至 1000 摄氏度之间,以使得掺杂剂分子自各个掺杂剂源 420 扩散至相邻的

硅晶片 410 的表面。需要注意的是,将薄硅晶片加热至高于 700 摄氏度的高温通常是不利的,因为硅晶片可能会产生因应力引发的弯曲。但是,在此情形下,整个晶片被加热,而不是部分晶片或晶片表面被加热。因为跨越晶片的温度梯度被最小化,所以扩散过程中的变形风险也降至最低。因此,制造方法的此阶段可以接受高温加热。

[0020] 此扩散过程也可用于具有 n- 型掺杂的硅晶片上。根据本发明的另一个实施方式,可在若干个 n- 型硅晶片的一侧形成 p- 型扩散层,在此实施方式中,硅晶片 410 经 n- 型掺杂。掺杂剂源 420 涂覆有 p- 型掺杂剂,如硼、镓、铟或铝。随后,在扩散熔炉 400 中使 n- 型硅晶片扩散。

[0021] 在相同的热循环中,但在扩散过程完成之后,可以以约 3000 标准立方厘米 / 分钟的流量向熔炉内注入氧气,以在操作 110 中的各个硅晶片的两侧生长氧化物层。在约 900 摄氏度的温度下经过约 10 至 30 分钟后,晶片的两侧形成厚度约 5 至 20 纳米的热氧化物。在形成氧化物层的过程中,一些包括任何潜在 受污染表面的硅晶片被消耗。在其形成过程中,约 10 纳米厚的氧化物层自其初始表面消耗约 4.5 纳米的硅,以保证氧化物层正下方的硅品质纯洁。

[0022] 随后,在操作 120 中,自各个硅晶片移除氧化物层。与现有方法不同,为了最后蚀刻,无需采用湿式化学清洗方法自晶片表面移除有机和金属污染。典型的湿式化学清洗方法实例包括含氢氧化铵或盐酸(RCA 洁净级)与过氧化氢的溶液,以及含硫酸的过氧化氢溶液。这些溶液通常在高于室温下使用,经常在约 80 摄氏度的温度下使用。因为氧化物层已经消耗了任何潜在的污染物,所以氧化物层的移除会暴露未受污染的硅表面。洁净的表面在形成高品质异质界面中至关重要。

[0023] 根据本发明的一个实施方式,可使用稀氢氟酸(HF)溶液将热氧化物层自晶片的两个表面剥离。HF 溶液以体积计可包含 24 份水和 1 份 49% HF。使用此溶液蚀刻热氧化物的速率约为 8 纳米 / 分钟。因此,20 纳米氧化物层的蚀刻时间约为 2 至 3 分钟。

[0024] 当表面自亲水状态变成疏水状态时,表面蚀刻完成。换句话说,如果硅表面上仍有热氧化物,水会铺展于硅表面上。一旦氧化物层自硅表面剥离,水会在硅表面上汇聚成水珠。此时,晶片表面的悬空硅键以氢原子端接,以使得硅为非晶硅沉积做好准备。蚀刻后不用水冲洗,以保持氢端接表面的条件。无需用水冲洗是因为,表面疏水状态使得蚀刻溶液可自表面干净地流走。

[0025] 一旦氧化物层被移除且悬空键端接,在操作 130 中,未掺杂的非晶硅层沉积在晶片的两侧。根据本发明的一个实施方式,未掺杂或本征非晶硅可以通过热丝化学气相沉积(HWCVD)法来沉积。在 HWCVD 法中,将基板上方的金属丝加热至约 2000 摄氏度,并使沉积室中的压力保持在约 10 毫托(millitorr)。金属丝可由钽或钨制成。

[0026] 热丝可使硅烷分子分解。当分子片段与相对较冷的硅晶片表面接触时,分子片段凝结并停留在表面上,同时从气相转变成固相。理想情况下,将硅晶片加热至约 50 至 200 摄氏度之间,以为硅原子提供形成非晶硅材料的移动性。但是,重要的是将温度保持在低于约 400 摄氏度,以防止非晶硅因结晶而丧失钝化特性。

[0027] 根据本发明的另一个实施方式,可采用等离子体辅助化学蒸气沉积(PECVD)法使未掺杂非晶硅层沉积。PECVD 法也采用硅烷作为原料气。硅烷气体在射频等离子体的作用下分解。可使用频率范围约为 13 至 70 兆赫的频率来激发等离子体。

[0028] 根据本发明的再一个实施方式,未掺杂非晶硅层可通过膨胀热等离子体(expanding thermal plasma,ETP)技术沉积。

[0029] 硅的前面和后面均可施加未掺杂非晶硅层。非晶硅和结晶硅之间的突兀界面有助于减少结晶硅表面的电洞与电子的再结合。前面和后面未掺杂非晶硅层可以依次施加,也可以同时施加。各个未掺杂非晶硅层的厚度均约为 2 至 10 纳米。硅晶片前面上的未掺杂非晶硅层的厚度可以约等于后面上的未掺杂非晶硅层的厚度。或者,硅晶片前面上的未掺杂非晶硅层的厚度可以小于后面上的未掺杂非晶硅层的厚度,以避免非晶硅层过度吸收光,非晶硅层内的光生载流子的寿命很短。因为后面未掺杂非晶硅层吸收光很少,所以可将后面未掺杂非晶硅层加厚,以改善表面钝化。

[0030] 本征非晶硅层沉积后,在操作 140 中,在晶片的前侧上添加第一掺杂非晶硅层。如果硅晶片的基板为 p- 型,则将 n- 型掺杂非晶硅层沉积在晶片的前侧或发射体侧。如果硅晶片的基板为 n- 型,则将 p- 型掺杂非晶硅层沉积在晶片的前侧。沉积可通过 HWCVD 法、PECVD 法或 ETP 法完成。

[0031] 在 HWCVD 法中,在约 60 毫托的压力下,硅烷和存于氢气中的 5% 磷化氢按 1 : 1.2 的比例施加。而且,晶片保持在约 100 至 300 摄氏度的温度下。掺杂非晶硅层的厚度可约为 4 至 20 纳米。第一掺杂非晶硅层最好可以在不同的室内形成,以避免污染用于沉积未掺杂非晶硅的室。

[0032] 在操作 150 中,将第二掺杂非晶硅层添加在晶片的后侧。第二掺杂非晶硅层的类型与第一掺杂非晶硅层的类型相反。因此,如果第一掺杂非晶硅层是 p- 型掺杂,则第二掺杂非晶硅层为 n- 型掺杂,反之亦然。第二掺杂非晶硅层的沉积可以通过 HWCVD 法、PECVD 法或 ETP 法完成。

[0033] 对于 HWCVD 法,在约 70 毫托的压力下,硅烷和存于氢气中的 2.5% 乙硼烷按 1 : 5 的比例施加,晶片保持在约 150 至 350 摄氏度的温度下。在此操作中,生长的掺杂非晶硅层的厚度约为 4 至 20 纳米。

[0034] 在操作 160 中,在晶片的两侧形成厚度约为 75 纳米的透明导电氧化物。透明导电氧化物层覆盖硅晶片的整个前侧和后侧。透明导电氧化物层基本透明,折射率约为 2.0。对透明导电氧化物层选择此折射率,旨在提供一个介于空气的折射率(折射率 1.0)和硅的折射率(折射率约为 4)之间的适当中间值。透明导电氧化物充当太阳能电池的有效减反射涂层。

[0035] 透明导电氧化物可以包含氧化铟锡。90% 铟、10% 锡合金可在氧气存在下蒸发,以在低于 250 摄氏度的温度下在晶片上形成氧化铟锡层。例如,晶片温度可以保持在 150 至 250 摄氏度。沉积在真空条件和一定氧分压下进行。

[0036] 根据本发明的另一个实施方式,透明导电氧化物可包含氧化锌与铝。除蒸发外,透明导电氧化物层(例如氧化锌和氧化铟锡)也可以通过溅镀施加。透明导电氧化物层可以依次施加,也可以同时施加。

[0037] 最后,在操作 170 中,向透明导电氧化物层施加触点。触点为含银的格网线。格网线可以通过丝网印刷、喷墨印刷或荫罩蒸发施加。为了分解印刷材料或改善银线与透明导电氧化物层的粘附,可以在低于 450 摄氏度的温度下进行热处理。

[0038] 银格网线不能与结晶硅表面直接接触。向透明导电氧化物层施加触点可避免产生

现有同质接面电池（金属与结晶硅表面直接接触）的极大再结合区。

[0039] 图 3A 至图 3F 所示为制造方法各个阶段的硅晶片的一个实施方式的剖视图。图 3A 包含掺杂基板 200、扩散层 210、第一热氧化物层 210 和第二热氧化物层 225。硅晶片可以是单晶硅或多晶硅。图 3A 所示为前述操作 100 和 110 之后的硅晶片。

[0040] 掺杂基板 200 与扩散层 210 相接合。掺杂基板 200 可以是 p- 型或 n- 型。如果基板 200 是 p- 型，则扩散层 210 为 n- 型。如果基板 200 是 n- 型，则扩散层 210 为 p- 型。掺杂基板 200 与扩散层 210 之间的界面为同质接面。同质接面 n- 侧的正固定电荷与同质接面 p- 侧的负固定电荷产生电场。电场将光生电子引导至 n- 侧，将光生电洞引导至 p- 侧。同质接面用于分离大部分光生载流子，使其在触点聚集。

[0041] 一个热氧化物层 220 生长于扩散层 210 上，一个第二热氧化物层 225 生长于掺杂基板 220 上。热氧化物层 220, 225 的形成可避免采用大量湿式化学清洗昂贵、费时地准备硅表面。如上文所解释，热氧化方法消耗部分硅晶片，包括受污染的任何表面部分。

[0042] 因此，在操作 120 中移除热氧化物层 220, 225 后，掺杂基板 200 和扩散层 210 的暴露表面几乎没有污染物，如图 3B 所示。此外，用于剥离氧化物层 220, 225 的稀 HF 溶液可以提供氢原子以暂时端接晶片表面的悬空键，因此通过消除原本会形成的再结合中心来促进表面钝化。再结合中心有害，因为其可破坏通过吸收光产生的电荷载流子，降低太阳能电池的效率。当未掺杂非晶硅层（含有大量原子氢）沉积时，暂时钝化会变成永久钝化。

[0043] 图 3C 所示为操作 130 中，两侧均沉积有未掺杂非晶硅层之后的硅晶片。晶片包含掺杂基板 200、扩散层 210、第一未掺杂非晶硅层 230 和第二未掺杂非晶硅层 235。第一非晶硅层 230 和第二未掺杂非晶硅层 235 有助于结晶硅晶片的表面钝化。

[0044] 图 3D 所示为操作 140 中，前面沉积有第一掺杂非晶层之后的硅晶片。第一掺杂非晶硅层 240 和第一未掺杂非晶硅层 230 相接合。第一未掺杂非晶硅层 230 和扩散层 210 相接合。扩散层 210 和掺杂基板 200 相接合。掺杂基板 200 和未掺杂非晶硅 235 相接合。

[0045] 类似地，图 3E 所示为操作 150 中，第二侧沉积有第二掺杂非晶硅层 245 之后的硅晶片。更具体地说，除了图 3D 所示的元件外，图 3E 还包含与第二未掺杂非晶硅层 235 相接合的第二掺杂非晶硅层 245。第一掺杂非晶硅层 240 和第二掺杂非晶硅层 245 可辅助未掺杂非晶硅层 230, 235 钝化结晶硅晶片的顶面和底面。第一掺杂非晶硅层 240 和扩散层 210 的类型相同，第二掺杂非晶硅层 245 和掺杂基板 200 的类型相同，第一掺杂非晶硅层 240 和扩散层 210 的类型与第二掺杂非晶硅层 245 和掺杂基板 200 的类型相反。根据本发明的一个实施方式，第一掺杂非晶硅层 240 和扩散层 210 为 p- 型，第二掺杂非晶硅层 245 和掺杂基板 200 为 n- 型。根据本发明的另一个实施方式，第一掺杂非晶硅层 240 和扩散层 210 为 n- 型，第二掺杂非晶硅层 245 和掺杂基板 200 为 p- 型。

[0046] 非晶硅层 240, 230 与结晶硅层 210 相接合，以使得电荷可在这些层之间流动，产生有效的异质接面。而且，此异质接面具有与结晶硅的同质接面的电场方向相同的电场。因为掺杂非晶硅层 240 和扩散层 210 具有相同电荷类型，所以这些电场的方向相同。

[0047] 因为非晶硅层 245, 235 与结晶硅层 200 相接合，所以其界面也具有异质接面。此异质接面具有与结晶硅的同质接面中的电场方向相同的电场。这些电场方向相同是因为，掺杂非晶硅层 245 和掺杂基板 200 的类型相同。有效异质接面可用于补充和加强同质接面的作用。

[0048] 由两个异质接面产生的电场可用于补充或加强同质接面的电场。加强电场允许电子更自由地流经太阳能电池并流入与太阳能电池相接合的外部负载。

[0049] 图 3F 所示为操作 160 和 170 后的硅晶片。第一透明导电氧化物层 250 与第一掺杂非晶硅层 240 相接合,第二透明导电氧化物层 255 与第二掺杂非晶硅层 245 相接合。第一透明导电氧化物层 250 与若干个触点 260 相接合,第二透明导电氧化物层 255 与若干个触点 265 相接合。太阳能电池 300 包含硅晶片、非晶硅层、透明导电氧化物层和触点。因为金属与透明导电氧化物接触而不直接与结晶硅表面接触,所以可消除与现有太阳能电池中金属/硅界面相关的高表面再结合损失。透明导电氧化物层 250 充当太阳能电池 300 的减反射涂层。透明导电氧化物层 250 可覆盖太阳能电池 300 的整个前面。而且,透明导电氧化物层 250,255 具有足够低的薄层电阻,以为电流到达触点 260,265 提供一个横向导电路径。透明导电氧化物层 250,255 的薄层电阻均可以为 30 至 100 欧姆/平方。

[0050] 随后,由硅晶片制造的太阳能电池可装成太阳能电池模组。图 5 所示的太阳能电池模组包括若干个太阳能电池 300、第一封装材料 510、玻璃板 515、第二封装材料 520、底板 530、正端子 540 和负端子 550。

[0051] 太阳能电池模组中的太阳能电池串联连接,以提高电压。具体地说,将太阳能电池彼此焊接,以使得第一太阳能电池 300 的负极触点与第二太阳能电池 300 的正极触点相接合。第二太阳能电池 300 的负极触点与第三太阳能电池 300 的正极触点相接合。此模式继续进行,直至太阳能电池模组中的所有太阳能电池 300 焊接在一起。通过将太阳能电池串联连接,各个太阳能电池 300 产生的电压与下一个太阳能电池产生的电压累加。根据本发明的一个实施方式,一个太阳能电池模组包含 36 个串联连接的太阳能电池。根据本发明的另一个实施方式,一个太阳能电池模组包含 72 个串联连接的太阳能电池。太阳能电池模组的正端子和第一太阳能电池 300 的正极触点相接合。太阳能电池模组的负端子与串联连接的若干个太阳能电池 300 的最后一个太阳能电池 300 的负极触点相接合。

[0052] 封装材料 510 与若干个太阳能电池 300 的一侧相接合,封装材料 520 与若干个太阳能电池 300 的第二侧相接合。封装材料 510,520 可包含折射率与玻璃的折射率类似的透明材料,如乙烯醋酸乙烯酯,以允许光透过太阳能电池 300 并防止太阳能电池 300 受到潜在的有害元件和物体的损坏。

[0053] 在太阳能电池模组的制造过程中,第一封装材料 510 和第二封装材料 520 挤压在一起并加热,乙烯醋酸乙烯酯熔化并围绕若干个太阳能电池 300 流动。随后,将玻璃板 515 与第一封装材料 510 相接合,以进一步保护太阳能电池 300。因为第一封装材料 510 和玻璃板 515 具有基本相同的折射率,所以两层具有单层的光学性质。

[0054] 底板 530 与第二封装材料 520 相接合。底板 530 可包含反光材料,如聚氟乙烯。透过玻璃板 515、封装材料 510,且未被太阳能电池 300 吸收的任何光线均透过封装材料 520 射出。随后,光线可能反射出底板 530 且第二次透过太阳能电池 300,以为太阳能电池 300 提供第二次吸收光线的机会。

[0055] 在上述说明书中,已参照示意性具体实施方式对本发明进行描述。但是,显而易见的是,在不背离随附权利要求所列的本发明更广泛的精神和范围的情形下,可以对本发明做出各种修改和变更。因此,本发明的说明书和附图应视为说明性的而不是限定性的。

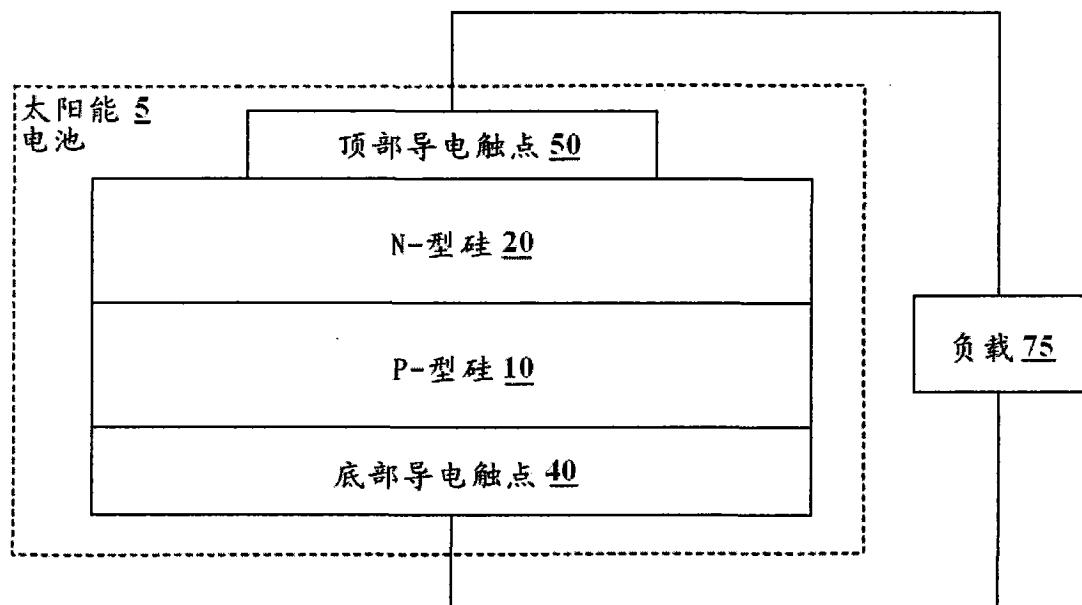


图 1(现有技术)

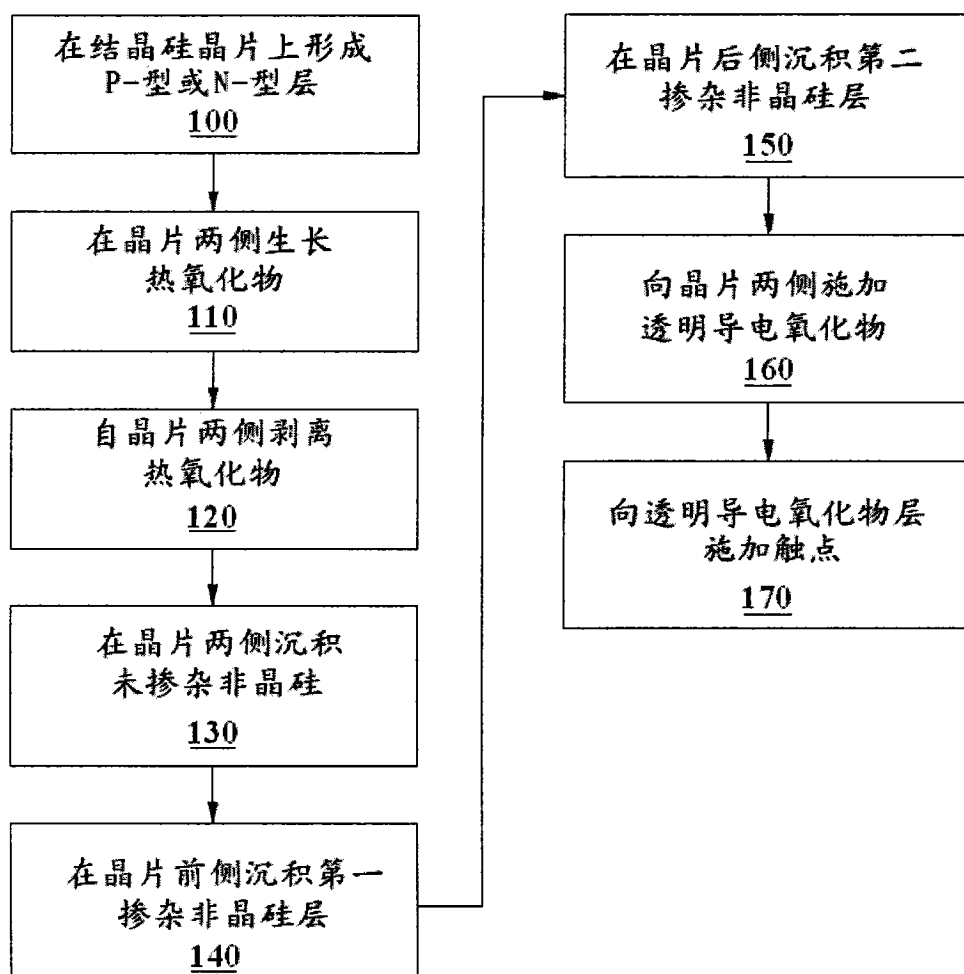


图 2

热氧化物	<u>220</u>
扩散层	<u>210</u>
掺杂基板	<u>220</u>
热氧化物	<u>225</u>

图 3A

扩散层	<u>210</u>
掺杂基板	<u>200</u>

图 3B

未掺杂非晶硅	<u>230</u>
扩散层	<u>210</u>
掺杂基板	<u>200</u>
未掺杂非晶硅	<u>235</u>

图 3C

掺杂非晶硅	<u>240</u>
未掺杂非晶硅	<u>230</u>
扩散层	<u>210</u>
掺杂基板	<u>200</u>
未掺杂非晶硅	<u>235</u>

图 3D

掺杂非晶硅	<u>240</u>
未掺杂非晶硅	<u>230</u>
扩散层	<u>210</u>
掺杂基板	<u>200</u>
未掺杂非晶硅	<u>235</u>
掺杂非晶硅	<u>245</u>

图 3E

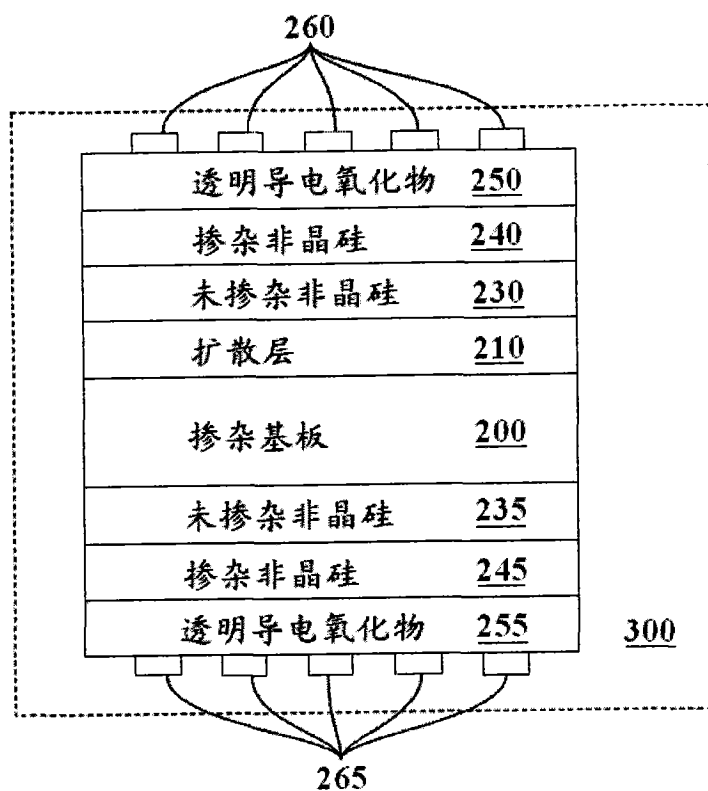


图 3F

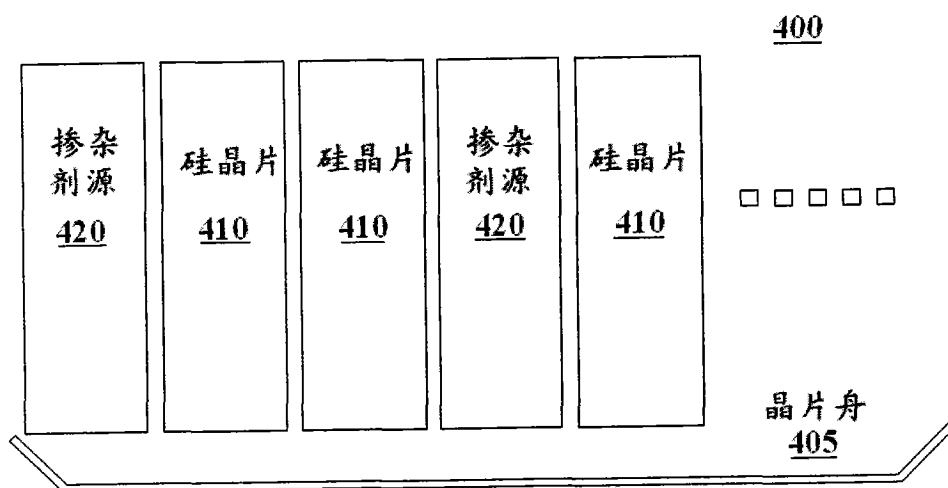


图 4

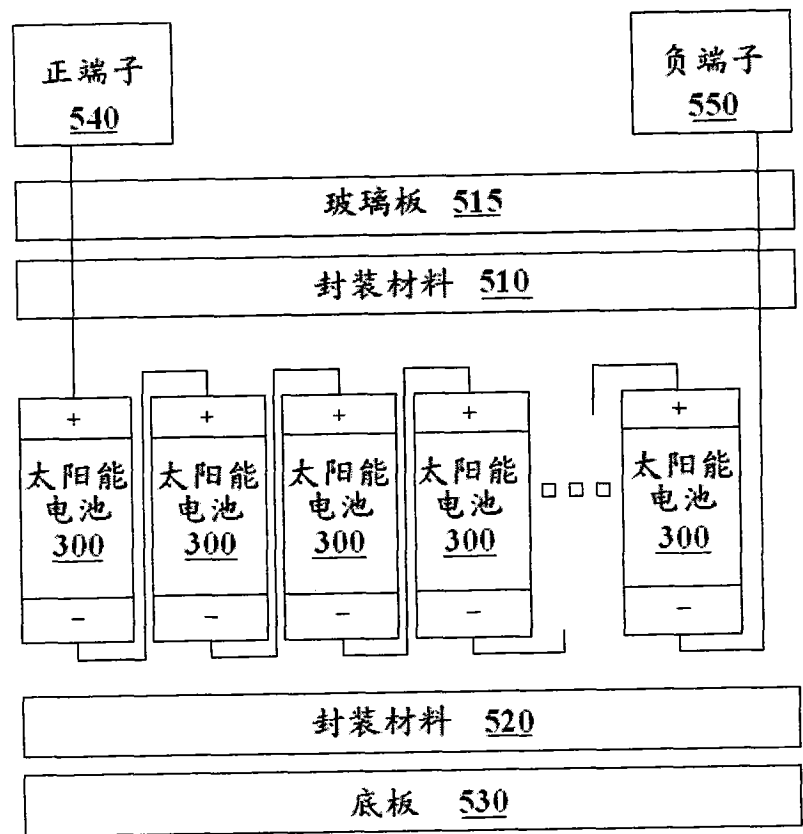


图 5