





包含矽藻殼。在能量儲存裝置之至少一部分中包含矽藻殼可有助於使用印刷技術製造能量儲存裝置，包含網版印刷、捲軸式印刷、噴墨印刷及/或另一合適印刷製程。矽藻殼可為能量儲存裝置層提供結構支撐，且幫助能量儲存裝置層在製造及/或使用期間維持均一或實質上均一的厚度。多孔矽藻殼可允許電子或離子物種不受阻或實質上不受阻的流動。包含矽藻殼之表面結構或材料可增加層的導電性。

【0007】在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括第一電極、第二電極以及在第一與第二電極之間的分離器。第一電極、第二電極以及分離器中之至少一者包含矽藻殼。

【0008】在一些實施例中，分離器包含矽藻殼。在一些實施例中，第一電極包含矽藻殼。在一些實施例中，分離器及第一電極包含矽藻殼。在一些實施例中，第二電極包含矽藻殼。在一些實施例中，分離器及第二電極包含矽藻殼。在一些實施例中，第一電極及第二電極包含矽藻殼。在一些實施例中，分離器、第一電極以及第二電極包含矽藻殼。

【0009】在一些實施例中，矽藻殼具有實質上均一的性質。在一些實施例中，性質包括形狀，例如包含圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。在一些實施例中，性質包括尺寸，例如包含直徑、長度或最長軸。在一些實施例中，性質包括孔隙率。在一些實施例中，性質包括機械強度。

【0010】在一些實施例中，矽藻殼包括表面改質結構。在一些實施例中，表面改質結構包含導電材料。在一些實施例中，導電材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。在一些

實施例中，表面改質結構包含氧化鋅（ZnO）。在一些實施例中，表面改質結構包括半導體。在一些實施例中，半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構包括奈米線、奈米粒子以及具有重萼狀（rosette）之結構中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之外表面上。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之內表面上。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之內表面及外表面上。

**【0011】** 在一些實施例中，矽藻殼包括表面改質材料。在一些實施例中，表面改質材料包括導電材料。在一些實施例中，表面改質材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。在一些實施例中，表面改質材料包含 ZnO。在一些實施例中，表面改質材料包含半導體。在一些實施例中，半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之外表面上。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之內表面上。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之外表面及內表面上。

**【0012】** 在一些實施例中，第一電極包括導電填充劑。在一些實施例中，第二電極包括導電填充劑。在一些實施例中，第一電極及第二電極包括導電填充劑。在一些實施例中，導電填充劑包括石墨碳。在一些實施例中，導電填充劑包括石墨烯。

**【0013】** 在一些實施例中，第一電極包括黏著性材料。在一些實施例中，第二電極包括黏著性材料。在一些實施例中，第一電極及第二電極包括黏著性材料。在一些實施例中，分離器包括黏著性材料。在一些實施例中，第一電極及分離器包括黏著性材料。

在一些實施例中，第二電極及分離器包括黏著性材料。在一些實施例中，第一電極、第二電極以及分離器包括黏著性材料。在一些實施例中，黏著性材料包括聚合物。

【0014】在一些實施例中，分離器包括電解質。在一些實施例中，電解質包括離子液體、酸、鹼及鹽中之至少一者。在一些實施例中，電解質包括電解凝膠。

【0015】在一些實施例中，裝置包括與第一電極電連通之第一集電器。在一些實施例中，裝置包括與第二電極電連通之第二集電器。在一些實施例中，裝置包括與第一電極電連通之第一集電器及與第二電極電連通之第二集電器。

【0016】在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括電容器。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括超級電容器。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括電池。

【0017】在一些實施例中，系統包括多個堆疊在彼此頂部上的如本文所述之印刷能量儲存裝置。在一些實施例中，電裝置包括本文所述之印刷能量儲存裝置或系統。

【0018】在一些實施例中，印刷能量儲存裝置之膜包括矽藻殼。

【0019】在一些實施例中，矽藻殼具有實質上均一的性質。在一些實施例中，性質包括形狀，例如包含圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。在一些實施例中，性質包括尺寸，例如包含直徑、長度或最長軸。在一些實施例中，性質包括孔隙率。在一些實施例中，性質包括機械強度。

【0020】在一些實施例中，矽藻殼包括表面改質結構。在一些實施例中，表面改質結構包含導電材料。在一些實施例中，導電材

料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構包含氧化鋅（ZnO）。在一些實施例中，表面改質結構包括半導體。在一些實施例中，半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構包括奈米線、奈米粒子以及具有重複狀之結構中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之外表面上。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之內表面上。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之內表面及外表面上。

**【0021】** 在一些實施例中，矽藻殼包括表面改質材料。在一些實施例中，表面改質材料包括導電材料。在一些實施例中，表面改質材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。在一些實施例中，表面改質材料包含 ZnO。在一些實施例中，表面改質材料包含半導體。在一些實施例中，半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之外表面上。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之內表面上。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之外表面及內表面上。

**【0022】** 在一些實施例中，膜更包括導電填充劑。在一些實施例中，導電填充劑包括石墨碳。在一些實施例中，導電填充劑包括石墨烯。

**【0023】** 在一些實施例中，膜更包括黏著性材料。在一些實施例中，黏著性材料包括聚合物。

**【0024】** 在一些實施例中，膜更包括電解質。在一些實施例中，電解質包括離子液體、酸、鹼及鹽中之至少一者。在一些實施例

中，電解質包括電解凝膠。

【0025】在一些實施例中，能量儲存裝置包括如本文所述之膜。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括電容器。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括超級電容器。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括電池。在一些實施例中，系統包括多個堆疊在彼此頂部上的如本文所述之能量儲存裝置。在一些實施例中，電裝置包括本文所述之印刷能量儲存裝置或系統。

【0026】在一些實施例中，製造印刷能量儲存裝置之方法包括形成第一電極，形成第二電極，以及形成第一電極與第二電極之間的分離器。第一電極、第二電極以及分離器中之至少一者包含矽藻殼。

【0027】在一些實施例中，分離器包含矽藻殼。在一些實施例中，形成分離器包含形成矽藻殼之分散液。在一些實施例中，形成分離器包含網版印刷分離器。在一些實施例中，形成分離器包含形成矽藻殼之膜。在一些實施例中，形成分離器包含捲軸式印刷包含分離器之膜。

【0028】在一些實施例中，第一電極包含矽藻殼。在一些實施例中，形成第一電極包含形成矽藻殼之分散液。在一些實施例中，形成第一電極包含網版印刷第一電極。在一些實施例中，形成第二電極包含形成矽藻殼之膜。在一些實施例中，形成第一電極包含捲軸式印刷包含第一電極之膜。

【0029】在一些實施例中，第二電極包含矽藻殼。在一些實施例中，形成第二電極包含形成矽藻殼之分散液。在一些實施例中，形成第二電極包含網版印刷第二電極。在一些實施例中，形成第

二電極包含形成矽藻殼之膜。在一些實施例中，形成第二電極包含捲軸式印刷包含第二電極之膜。

【0030】在一些實施例中，方法更包括根據性質揀選矽藻殼。在一些實施例中，性質包括形狀、尺寸、材料及孔隙率中之至少一者。

【0031】在一些實施例中，墨水包括溶液及分散於溶液中之矽藻殼。

【0032】在一些實施例中，矽藻殼具有實質上均一的性質。在一些實施例中，性質包括形狀，例如包含圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。在一些實施例中，性質包括尺寸，例如包含直徑、長度或最長軸。在一些實施例中，性質包括孔隙率。在一些實施例中，性質包括機械強度。

【0033】在一些實施例中，矽藻殼包括表面改質結構。在一些實施例中，表面改質結構包含導電材料。在一些實施例中，導電材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構包含氧化鋅（ZnO）。在一些實施例中，表面改質結構包括半導體。在一些實施例中，半導體包含矽、鎗、矽鎗以及砷化鎵中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構包括奈米線、奈米粒子以及具有重萼狀之結構中之至少一者。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之外表面上。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之內表面上。在一些實施例中，表面改質結構處於矽藻殼之內表面及外表面上。

【0034】在一些實施例中，矽藻殼包括表面改質材料。在一些實施例中，表面改質材料包括導電材料。在一些實施例中，表面改

質材料包含銀、鋁、鉑、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。在一些實施例中，表面改質材料包含 ZnO。在一些實施例中，表面改質材料包含半導體。在一些實施例中，半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之外表面上。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之內表面上。在一些實施例中，表面改質材料處於矽藻殼之外表面及內表面上。

【0035】在一些實施例中，墨水更包括導電填充劑。在一些實施例中，導電填充劑包括石墨碳。在一些實施例中，導電填充劑包括石墨烯。

【0036】在一些實施例中，墨水更包括黏著性材料。在一些實施例中，黏著性材料包括聚合物。

【0037】在一些實施例中，墨水更包括電解質。在一些實施例中，電解質包括離子液體、酸、鹼及鹽中之至少一者。在一些實施例中，電解質包括電解凝膠。

【0038】在一些實施例中，裝置包括本文所述之墨水中之至少一者。在一些實施例中，裝置包括印刷能量儲存裝置。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括電容器。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括超級電容器。在一些實施例中，印刷能量儲存裝置包括電池。

【0039】提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中。可移除有機污染物及無機污染物中之至少一者。提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中，所述界面活性劑減少所述多個矽藻矽藻殼

部分之聚結。所述方法可包括使用盤式堆疊離心機提取具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。

【0040】在一些實施例中，至少一個共同特性可包含尺寸、形狀、材料以及破碎程度中之至少一者。尺寸可包含長度及直徑中之至少一者。

【0041】在一些實施例中，固體混合物可包括多個矽藻矽藻殼部分。提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括減小固體混合物之粒子尺寸。減小固體混合物之粒子尺寸可在將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中之前進行。在一些實施例中，減小粒子尺寸可包括研磨固體混合物。研磨固體混合物可包含將研鉢及研杵、罐磨機以及碎石機中之至少一者應用於固體混合物。

【0042】在一些實施例中，可提取最長組分尺寸大於多個矽藻矽藻殼部分之最長矽藻殼部分尺寸的固體混合物之組分。提取固體混合物之組分可包括篩分固體混合物。篩分固體混合物可包括使用具有約 15 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理固體混合物。篩分固體混合物可包括使用具有約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理固體混合物。

【0043】在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括揀選多個矽藻矽藻殼部分以使第一矽藻矽藻殼部分與第二矽藻矽藻殼部分分離，所述第一矽藻矽藻殼部分具有較大的最長尺寸。舉例而言，第一矽藻矽藻殼部分可包括多個未破碎的矽藻矽藻殼部分。第二矽藻矽藻殼部分可包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

【0044】在一些實施例中，揀選多個矽藻矽藻殼部分可包括過濾多個矽藻矽藻殼部分。過濾可包括妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚

分散液。

**【0054】** 在一些實施例中，移除有機污染物可包括在漂白劑存在下加熱多個矽藻矽藻殼部分。漂白劑可包含過氧化氫及硝酸中之至少一者。加熱多個矽藻矽藻殼部分可包括在包括範圍為約 10 體積百分比至約 20 體積百分比之量的過氧化氫的溶液中加熱多個矽藻矽藻殼部分。加熱多個矽藻矽藻殼部分可包括加熱多個矽藻矽藻殼部分持續約 5 分鐘至約 15 分鐘。

**【0055】** 在一些實施例中，移除有機污染物可包括將多個矽藻矽藻殼部分退火。在一些實施例中，移除無機污染物可包括使多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合。使多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合可包含將多個矽藻矽藻殼部分混合於包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸的溶液中。舉例而言，混合可持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

**【0056】** 提取矽藻矽藻殼部分之方法可包含使用盤式堆疊離心機提取具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。

**【0057】** 在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中。在一些實施例中，所述方法可包括移除有機污染物及無機污染物中之至少一者。在一些實施例中，所述方法可包括將多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中，所述界面活性劑減少所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

**【0058】** 至少一個共同特性可包含尺寸、形狀、材料以及破碎程度中之至少一者。尺寸可包含長度及直徑中之至少一者。

**【0059】** 在一些實施例中，固體混合物可包括多個矽藻矽藻殼部分。提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括減小固體混合物之粒子尺

寸。減小固體混合物之粒子尺寸可在將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中之前進行。在一些實施例中，減小粒子尺寸可包括研磨固體混合物。研磨固體混合物可包含將研鉢及研杵、罐磨機以及碎石機中之至少一者應用於固體混合物。

【0060】在一些實施例中，可提取最長組分尺寸大於多個矽藻矽藻殼部分之最長矽藻殼部分尺寸的固體混合物之組分。提取固體混合物之組分可包括篩分固體混合物。篩分固體混合物可包括使用具有約 15 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理固體混合物。篩分固體混合物可包括使用具有約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理固體混合物。

【0061】在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括揀選多個矽藻矽藻殼部分以使第一矽藻矽藻殼部分與第二矽藻矽藻殼部分分離，所述第一矽藻矽藻殼部分具有較大的最長尺寸。舉例而言，第一矽藻矽藻殼部分可包括多個未破碎的矽藻矽藻殼部分。第二矽藻矽藻殼部分可包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

【0062】在一些實施例中，揀選多個矽藻矽藻殼部分可包括過濾多個矽藻矽藻殼部分。過濾可包括妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括攪拌。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括震盪。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括起泡。

【0063】過濾可包含將篩子應用於多個矽藻矽藻殼部分。舉例而言，篩子可具有約 5 微米至約 10 微米（包含約 7 微米）之目徑。

【0064】在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包含獲

溶液中。舉例而言，混合可持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

**【0074】** 提取矽藻矽藻殼部分之方法可包含使用界面活性劑分散多個矽藻矽藻殼部分，所述界面活性劑減少所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

**【0075】** 提取矽藻矽藻殼部分之方法可包含使用盤式堆疊離心機提取具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中。在一些實施例中，可移除有機污染物及無機污染物中之至少一者。

**【0076】** 在一些實施例中，至少一個共同特性可包含尺寸、形狀、材料以及破碎程度中之至少一者。尺寸可包含長度及直徑中之至少一者。

**【0077】** 在一些實施例中，固體混合物可包括多個矽藻矽藻殼部分。提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括減小固體混合物之粒子尺寸。減小固體混合物之粒子尺寸可在將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中之前進行。在一些實施例中，減小粒子尺寸可包括研磨固體混合物。研磨固體混合物可包含將研鉢及研杵、罐磨機以及碎石機中之至少一者應用於固體混合物。

**【0078】** 在一些實施例中，可提取最長組分尺寸大於多個矽藻矽藻殼部分之最長矽藻殼部分尺寸的固體混合物之組分。提取固體混合物之組分可包括篩分固體混合物。篩分固體混合物可包括使用具有約 15 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理固體混合物。篩分固體混合物可包括使用具有約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理固體混合物。

【0079】在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括揀選多個矽藻矽藻殼部分以使第一矽藻矽藻殼部分與第二矽藻矽藻殼部分分離，所述第一矽藻矽藻殼部分具有較大最長尺寸。舉例而言，第一矽藻矽藻殼部分可包括多個未破碎的矽藻矽藻殼部分。第二矽藻矽藻殼部分可包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

【0080】在一些實施例中，揀選多個矽藻矽藻殼部分可包括過濾多個矽藻矽藻殼部分。過濾可包括妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括攪拌。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括震盪。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括起泡。

【0081】過濾可包含將篩子應用於多個矽藻矽藻殼部分。舉例而言，篩子可具有約 5 微米至約 10 微米（包含約 7 微米）之目徑。

【0082】在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包含獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分。獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分可包括在移除有機污染物及無機污染物中之至少一者後，使用清洗溶劑洗滌多個矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分可包括使用清洗溶劑洗滌具有至少一個共同特性的矽藻矽藻殼部分。

【0083】可移除清洗溶劑。舉例而言，移除清洗溶劑可包括在移除有機污染物及無機污染物中之至少一者後，沈降多個矽藻矽藻殼部分。舉例而言，移除清洗溶劑可包括沈降具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。沈降多個矽藻矽藻殼部分可包括離心。在一些實施例中，離心可包括應用適合於大規模處理的離心

約 100 瓦與 500 瓦之間交替。舉例而言，交替可包括每分鐘交替微波功率。在一些實施例中，交替可包括交替微波功率持續約 30 分鐘。在一些實施例中，交替可包括交替微波功率持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

**【0095】** 在一些實施例中，形成銀晶種層可包括使矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液組合。晶種層溶液可包含第一銀供給組分及晶種層還原劑。舉例而言，晶種層還原劑可為晶種層溶劑。在一些實施例中，晶種層還原劑及晶種層溶劑可包括聚乙二醇。

**【0096】** 在一些實施例中，晶種層溶液可包括第一銀供給組分、晶種層還原劑以及晶種層溶劑。

**【0097】** 形成銀晶種層可包括使矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液混合。在一些實施例中，混合可包括超音波處理。

**【0098】** 在一些實施例中，晶種層還原劑可包括 N,N-二甲基甲醯胺，第一銀供給組分可包括硝酸銀，且晶種層溶劑可包括水及聚乙烯吡咯啶酮中之至少一者。

**【0099】** 形成奈米結構可包括使矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合。在一些實施例中，形成奈米結構更可包含在使矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合後，加熱矽藻矽藻殼部分。舉例而言，加熱可包括加熱至約 120°C 至約 160°C 之溫度。

**【0100】** 在一些實施例中，形成奈米結構可包含使用包括奈米結構形成溶劑及第二銀供給組分之滴定溶液滴定矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，形成奈米結構可包括在使用滴定溶液滴定矽藻矽藻殼部分後混合。

**【0101】** 在一些實施例中，晶種層還原劑及奈米結構形成還原劑

中之至少一者可包括肼、甲醛、葡萄糖、酒石酸鈉、草酸、甲酸、抗壞血酸以及乙二醇中之至少一者。

**【0102】** 在一些實施例中，第一銀供給組分及第二銀供給組分中之至少一者可包括銀鹽及氧化銀中之至少一者。舉例而言，銀鹽可包含硝酸銀及氨硝酸銀、氯化銀（AgCl）、氰化銀（AgCN）、四氟硼酸銀、六氟磷酸銀以及乙硫酸銀中之至少一者。

**【0103】** 可在減少氧化物形成的環境中形成奈米結構。舉例而言，所述環境可包括氫氣氛圍。

**【0104】** 在一些實施例中，晶種層溶劑及奈米結構形成溶劑中之至少一者可包括丙二醇、水、甲醇、乙醇、1-丙醇、2-丙醇、1-甲氧基-2-丙醇、1-丁醇、2-丁醇、1-戊醇、2-戊醇、3-戊醇、1-己醇、2-己醇、3-己醇、辛醇、1-辛醇、2-辛醇、3-辛醇、四氫糠醇（THFA）、環己醇、環戊醇、萜品醇、丁內酯；甲基乙基醚、乙醚、乙基丙基醚、聚醚、二酮、環己酮、環戊酮、環庚酮、環辛酮、丙酮、二苯甲酮、乙醯丙酮、苯乙酮、環丙酮、異佛酮、甲基乙基酮、乙酸乙酯、己二酸二甲酯、丙二醇單甲醚乙酸酯、戊二酸二甲酯、丁二酸二甲酯、乙酸甘油酯、羧酸酯、碳酸丙烯酯、甘油、二醇、三醇、四醇、五醇、乙二醇、二乙二醇、聚乙二醇、丙二醇、二丙二醇、乙二醇醚、乙二醇醚乙酸酯、1,4-丁二醇、1,2-丁二醇、2,3-丁二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,8-辛二醇、1,2-丙二醇、1,3-丁二醇、1,2-戊二醇、己二醇（etohexadiol）、對薄荷烷-3,8-二醇、2-甲基-2,4-戊二醇、四甲基脲、N-甲基吡咯啶酮、乙腈、四氫呋喃（THF）、二甲基甲醯胺（DMF）、N-甲基甲醯胺（NMF）、二甲亞碸（DMSO）、亞硫醯氯以及硫醯

氯中之至少一者。

**【0105】** 砂藻矽藻殼部分可包括破碎的砂藻矽藻殼部分。砂藻矽藻殼部分可包括未破碎的砂藻矽藻殼部分。在一些實施例中，砂藻矽藻殼部分可經由砂藻矽藻殼部分分離製程來獲得。舉例而言，所述製程可包括使用界面活性劑減少多個砂藻矽藻殼部分之聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

**【0106】** 在砂藻矽藻殼部分上形成鋅氧化物奈米結構之方法可包含在砂藻矽藻殼部分之表面上形成鋅氧化物晶種層。所述方法可包括在鋅氧化物晶種層上形成奈米結構。

**【0107】** 在一些實施例中，奈米結構可包括奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。在一些實施例中，奈米結構可包括鋅氧化物。

**【0108】** 形成鋅氧化物晶種層可包括加熱第一鋅供給組分及砂藻矽藻殼部分。在一些實施例中，加熱第一鋅供給組分及砂藻矽藻殼部分可包括加熱至範圍為約 175°C 至約 225°C 之溫度。

**【0109】** 在一些實施例中，形成奈米結構可包括在包括第二鋅供給組分之奈米結構形成溶液存在下，將加熱方案應用於具有鋅氧化物晶種層之砂藻矽藻殼部分。加熱方案可包括加熱至奈米結構形成溫度。舉例而言，奈米結構形成溫度可為約 80°C 至約 100°C。在一些實施例中，加熱可持續約一至約三小時。在一些實施例中，加熱方案可包括應用循環加熱程序。舉例而言，循環加熱程序可包含將微波加熱應用於具有鋅氧化物晶種層之砂藻矽藻殼部分維持加熱持續時間，且隨後關閉微波加熱維持冷卻持續時間，歷時總循環加熱持續時間。在一些實施例中，加熱持續時間可為約 1

分鐘至約 5 分鐘。在一些實施例中，冷卻持續時間可為約 30 秒至約 5 分鐘。總循環加熱持續時間可為約 5 分鐘至約 20 分鐘。應用微波加熱可包含應用約 480 瓦至約 520 瓦之微波功率，包含約 80 瓦至約 120 瓦之微波功率。

【0110】在一些實施例中，第一鋅供給組分及第二鋅供給組分中之至少一者可包括乙酸鋅、乙酸鋅水合物、硝酸鋅、硝酸鋅六水合物、氯化鋅、硫酸鋅以及鋅酸鈉中之至少一者。

【0111】在一些實施例中，奈米結構形成溶液可包含鹼。舉例而言，所述鹼可包括氫氧化鈉、氫氧化銨、氫氧化鉀、氫氧化四甲銨、氫氧化鋰、六亞甲基四胺、氨溶液、碳酸鈉以及乙二胺中之至少一者。

【0112】在一些實施例中，形成奈米結構可包括添加添加劑組分。添加劑組分可包含三丁胺、三乙胺、三乙醇胺、二異丙胺、磷酸銨、1,6-己二醇、三乙基二乙醇 (triethyldiethylol)、異丙胺、環己胺、正丁胺、氯化銨、六亞甲基四胺、乙二醇、乙醇胺、聚乙二醇、聚乙二醇、十二烷基硫酸鈉、溴化十六烷基三甲銨以及尿素中之至少一者。

【0113】在一些實施例中，奈米結構形成溶液及鋅氧化物晶種層形成溶液中之至少一者可包括溶劑，所述溶劑包括丙二醇、水、甲醇、乙醇、1-丙醇、2-丙醇、1-甲氧基-2-丙醇、1-丁醇、2-丁醇、1-戊醇、2-戊醇、3-戊醇、1-己醇、2-己醇、3-己醇、辛醇、1-辛醇、2-辛醇、3-辛醇、四氫糠醇 (THFA)、環己醇、環戊醇、萜品醇、丁內酯；甲基乙基醚、乙醚、乙基丙基醚、聚醚、二酮、環己酮、環戊酮、環庚酮、環辛酮、丙酮、二苯甲酮、乙醯丙酮、

苯乙酮、環丙酮、異佛酮、甲基乙基酮、乙酸乙酯、己二酸二甲酯、丙二醇單甲醚乙酸酯、戊二酸二甲酯、丁二酸二甲酯、乙酸甘油酯、羧酸酯、碳酸丙烯酯、甘油、二醇、三醇、四醇、五醇、乙二醇、二乙二醇、聚乙二醇、丙二醇、二丙二醇、乙二醇醚、乙二醇醚乙酸酯、1,4-丁二醇、1,2-丁二醇、2,3-丁二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,8-辛二醇、1,2-丙二醇、1,3-丁二醇、1,2-戊二醇、己二醇、對薄荷烷-3,8-二醇、2-甲基-2,4-戊二醇、四甲基脲、N-甲基吡咯啶酮、乙腈、四氫呋喃（THF）、二甲基甲醯胺（DMF）、N-甲基甲醯胺（NMF）、二甲亞碸（DMSO）、亞硫醯氯以及硫醯氯中之至少一者。

【0114】矽藻矽藻殼部分可包括破碎的矽藻矽藻殼部分。矽藻矽藻殼部分可包括未破碎的矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，矽藻矽藻殼部分可經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。舉例而言，所述製程可包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

【0115】在矽藻矽藻殼部分上形成碳奈米結構之方法可包含在矽藻矽藻殼部分之表面上形成金屬晶種層。所述方法可包含在所述晶種層上形成碳奈米結構。

【0116】在一些實施例中，碳奈米結構可包括碳奈米管。碳奈米管可包括單壁（single-walled）碳奈米管及多壁碳奈米管中之至少一者。

【0117】在一些實施例中，形成金屬晶種層可包括噴塗矽藻矽藻殼部分之表面。在一些實施例中，形成金屬晶種層可包括將矽藻矽藻殼部分之表面引入包括金屬之液體、包括金屬之氣體以及包

括金屬之固體中之至少一者。

**【0118】** 在一些實施例中，形成碳奈米結構可包括使用化學氣相沈積（CVD）。形成碳奈米結構可包括在將矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成碳氣體後，將矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成還原氣體。形成碳奈米結構可包括在將矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成碳氣體之前，將矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成還原氣體。在一些實施例中，形成碳奈米結構包括將矽藻矽藻殼部分暴露於包括奈米結構形成還原氣體及奈米結構形成碳氣體之奈米結構形成氣體混合物。奈米結構形成氣體混合物可包含中性氣體。舉例而言，中性氣體可為氰氣。

**【0119】** 在一些實施例中，金屬可包括鎳、鐵、鈷、鈷-鉬雙金屬、銅、金、銀、鉑、鈀、錳、鋁、鎂、鉻、鎢、鋁-鐵-鉬（Al/Fe/Mo）、五羰基鐵( $\text{Fe}(\text{CO})_5$ )、硝酸鐵(III)六水合物 ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )、氯化鈷(II)六水合物 ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )、鉬酸銨四水合物 ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )、二氯化鉬(VI)二氧化物 ( $\text{MoO}_2\text{Cl}_2$ )以及氧化鋁奈米粉末中之至少一者。

**【0120】** 在一些實施例中，奈米結構形成還原氣體可包括氮氣、氮氣以及氰氣中之至少一者。奈米結構形成碳氣體可包括乙炔、乙烯、乙醇、甲烷、碳氧化物以及苯中之至少一者。

**【0121】** 在一些實施例中，形成金屬晶種層可包括形成銀晶種層。形成銀晶種層可包括在矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀奈米結構。

**【0122】** 矽藻矽藻殼部分可包括破碎的矽藻矽藻殼部分。矽藻矽藻殼部分可包括未破碎的矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，矽

藻矽藻殼部分可經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。舉例而言，所述製程可包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

**【0123】** 製造銀墨水之方法可包含使紫外光敏感組分與具有銀奈米結構之多個矽藻矽藻殼部分在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上組合，所述表面包括多個穿孔。

**【0124】** 在一些實施例中，製造銀墨水之方法可包括在多個矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀晶種層。在一些實施例中，所述方法可包含在晶種層上形成銀奈米結構。

**【0125】** 多個矽藻矽藻殼部分可包含多個破碎的矽藻矽藻殼部分。多個矽藻矽藻殼部分可包含多個矽藻矽藻殼片。

**【0126】** 在一些實施例中，銀墨水在固化後可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中。在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者具有約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。在一些實施例中，銀奈米結構可包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。銀墨水可包括在約 50 重量百分比至約 80 重量百分比之範圍內之量的矽藻矽藻殼。

**【0127】** 形成銀晶種層可包含在多個穿孔內之表面上形成銀晶種層，以形成多個鍍銀晶種之穿孔。形成銀晶種層可包含在多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成銀晶種層。

**【0128】** 在一些實施例中，形成銀奈米結構可包括在多個穿孔內之表面上形成銀奈米結構，以形成多個鍍銀奈米結構之穿孔。形成銀奈米結構可包括在多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成銀奈米結構。

**【0129】** 在一些實施例中，紫外光敏感組分可對波長比多個穿孔

之尺寸短的光輻射敏感。紫外光敏感組分可對波長比多個鍍銀晶種之穿孔及多個鍍銀奈米結構之穿孔中的至少一者的尺寸短的光輻射敏感。

【0130】在一些實施例中，使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合可包含使多個矽藻矽藻殼部分與光起始增效劑組合。舉例而言，光起始增效劑可包括乙氧基化己二醇丙烯酸酯、丙氧基化己二醇丙烯酸酯、乙氧基化三羥甲基丙烷三丙烯酸酯、三聚氰酸三烯丙酯以及丙烯酸胺中之至少一者。

【0131】在一些實施例中，使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合可包含使多個矽藻矽藻殼部分與光起始劑組合。光起始劑可包含 2-甲基-1-(4-甲硫基)苯基-2-嗎啉基-1-丙酮及異丙基硫雜蒽酮中之至少一者。

【0132】在一些實施例中，使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合可包含使多個矽藻矽藻殼部分與極性乙烯單體組合。舉例而言，極性乙烯單體可包含 N-乙烯基-吡咯啶酮及 N-乙烯基己內醯胺中之至少一者。

【0133】製造銀墨水之方法可包括使多個矽藻矽藻殼部分與流變改質劑組合。在一些實施例中，製造銀墨水之方法可包括使多個矽藻矽藻殼部分與交聯劑組合。在一些實施例中，所述方法可包含使多個矽藻矽藻殼部分與流動及調平劑組合。在一些實施例中，所述方法可包含使多個矽藻矽藻殼部分與黏合增強劑、濕潤劑以及降黏劑中之至少一者組合。

【0134】銀奈米結構可包含塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

【0135】在一些實施例中，形成銀晶種層可包括將循環加熱方案應用於第一銀供給組分及多個矽藻矽藻殼部分。

【0136】形成銀晶種層可包括使矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液組合。舉例而言，晶種層溶液可包括第一銀供給組分及晶種層還原劑。

【0137】形成銀奈米結構可包括使矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合。在一些實施例中，形成銀奈米結構可包括在使矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合後，加熱矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，形成銀奈米結構可包括使用包括奈米結構形成溶劑及第二銀供給組分之滴定溶液滴定矽藻矽藻殼部分。

【0138】在一些實施例中，多個矽藻矽藻殼部分可經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。舉例而言，所述製程可包含使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

【0139】導電銀墨水可包含紫外光敏感組分。導電墨水可包含多個矽藻矽藻殼部分，在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

【0140】多個矽藻矽藻殼部分可包含多個破碎的矽藻矽藻殼部分。多個矽藻矽藻殼部分可包含多個矽藻矽藻殼片。

【0141】在一些實施例中，銀墨水可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中（例如，在固化後）。在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者具有約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。在一些實施例中，銀奈米結構可包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。銀墨水可包括在約 50 重量百分比至約 80 重量百分比之範圍內之量的矽

藻矽藻殼。

【0142】在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者可包括具有銀奈米結構之表面。

【0143】在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者包括具有銀晶種層之表面。在一些實施例中，多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面可包括銀奈米結構。

【0144】在一些實施例中，紫外光敏感組分可對波長比多個穿孔之尺寸短的光輻射敏感。

【0145】在一些實施例中，導電銀墨水可藉由紫外輻射固化。在一些實施例中，多個穿孔可具有足以允許紫外輻射通過之尺寸。導電銀墨水可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中（例如，在固化後）。

【0146】在一些實施例中，導電銀墨水可熱固化。

【0147】紫外光敏感組分可包含光起始增效劑。舉例而言，光起始增效劑可包括乙氧基化己二醇丙烯酸酯、丙氧基化己二醇丙烯酸酯、乙氧基化三羥甲基丙烷三丙烯酸酯、三聚氰酸三烯丙酯以及丙烯酸胺中之至少一者。

【0148】紫外光敏感組分可包含光起始劑。光起始劑可包含 2-甲基-1-(4-甲硫基)苯基-2-嗎啉基-1-丙酮及異丙基硫雜蒽酮中之至少一者。

【0149】在一些實施例中，紫外光敏感組分可包含極性乙烯單體。舉例而言，極性乙烯單體可包含 N-乙烯基-吡咯啶酮及 N-乙烯基己內醯胺中之至少一者。

【0150】導電銀墨水可包含流變改質劑、交聯劑、流動及調平劑、

黏合增強劑、濕潤劑以及降黏劑中之至少一者。在一些實施例中，銀奈米結構可包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

**【0151】** 製造銀膜之方法可包含固化包括紫外光敏感組分及多個矽藻矽藻殼部分之混合物，在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

**【0152】** 在一些實施例中，製造銀膜之方法可包括在多個矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀晶種層。在一些實施例中，所述方法可包括在晶種層上形成銀奈米結構。在一些實施例中，所述方法可包含使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合而形成銀墨水。

**【0153】** 多個矽藻矽藻殼部分可包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。多個矽藻矽藻殼部分可包括多個矽藻矽藻殼片。

**【0154】** 在一些實施例中，銀墨水可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中（例如，在固化後）。在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者具有約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。在一些實施例中，銀奈米結構可包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。銀墨水可包括在約 50 重量百分比至約 80 重量百分比之範圍內之量的矽藻矽藻殼。

**【0155】** 形成銀晶種層可包括在多個穿孔內之表面上形成銀晶種層，以形成多個鍍銀晶種之穿孔。形成銀晶種層可包括在多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成銀晶種層。

**【0156】** 形成銀奈米結構可包括在多個穿孔內之表面上形成銀奈米結構，以形成多個鍍銀奈米結構之穿孔。形成銀奈米結構可包

括在多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成銀奈米結構。

【0157】 在一些實施例中，固化混合物可包括使混合物曝露於波長比多個穿孔之尺寸短的紫外光。在一些實施例中，固化混合物可包括使混合物曝露於波長比多個鍍銀晶種之穿孔及多個鍍銀奈米結構之穿孔中的至少一者的尺寸短的紫外光。

【0158】 在一些實施例中，固化混合物可包括熱固化混合物。

【0159】 紫外光敏感組分可對波長比多個穿孔之尺寸短的光輻射敏感。在一些實施例中，紫外光敏感組分可對波長比多個鍍銀晶種之穿孔及多個鍍銀奈米結構之穿孔中的至少一者的尺寸短的光輻射敏感。

【0160】 使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合可包括使多個矽藻矽藻殼部分與光起始增效劑組合。舉例而言，光起始增效劑可包含乙氧基化己二醇丙烯酸酯、丙氧基化己二醇丙烯酸酯、乙氧基化三羥甲基丙烷三丙烯酸酯、三聚氰酸三烯丙酯以及丙烯酸胺中之至少一者。

【0161】 在一些實施例中，使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合可包括使多個矽藻矽藻殼部分與光起始劑組合。光起始劑可包含 2-甲基-1-(4-甲硫基)苯基-2-嗎啉基-1-丙酮及異丙基硫雜蒽酮中之至少一者。

【0162】 在一些實施例中，使多個矽藻矽藻殼部分與紫外光敏感組分組合可包括使多個矽藻矽藻殼部分與極性乙烯單體組合。極性乙烯單體可包含 N-乙烯基-吡咯啶酮及 N-乙烯基己內醯胺中之至少一者。

【0163】 製造導電銀墨水之方法可包含使多個矽藻矽藻殼部分與

流變改質劑組合。在一些實施例中，製造導電銀墨水之方法可包含使多個矽藻矽藻殼部分與交聯劑組合。在一些實施例中，所述方法可包括使多個矽藻矽藻殼部分與流動及調平劑組合。所述方法可包含使多個矽藻矽藻殼部分與黏合增強劑、濕潤劑以及降黏劑中之至少一者組合。

**【0164】** 在一些實施例中，銀奈米結構可包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

**【0165】** 在一些實施例中，形成銀晶種層可包括將循環加熱方案應用於第一銀供給組分及多個矽藻矽藻殼部分。

**【0166】** 形成銀晶種層可包括使矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液組合。舉例而言，晶種層溶液可包括第一銀供給組分及晶種層還原劑。

**【0167】** 形成銀奈米結構可包括使矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合。在一些實施例中，形成銀奈米結構可包括在使矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合後，加熱矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，形成銀奈米結構可包括使用包括奈米結構形成溶劑及第二銀供給組分之滴定溶液滴定矽藻矽藻殼部分。

**【0168】** 在一些實施例中，多個矽藻矽藻殼部分可經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。舉例而言，所述製程可包含使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

**【0169】** 導電銀膜可包含多個矽藻矽藻殼部分，在所述多個矽藻矽藻殼部分之每一者的表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

【0170】在一些實施例中，多個矽藻矽藻殼部分可包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。多個矽藻矽藻殼部分可包含多個矽藻矽藻殼片。

【0171】在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者具有約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。在一些實施例中，銀奈米結構可包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。

【0172】在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者可包括具有銀奈米結構之表面。在一些實施例中，多個穿孔中之至少一者可包括具有銀晶種層之表面。多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面可包括銀奈米結構。

【0173】在一些實施例中，銀奈米結構可包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

【0174】在一些實施例中，導電銀膜可包括黏合劑樹脂。

【0175】出於概述本發明及所取得的優於先前技術之優勢之目的，本文描述某些目標及優勢。當然，應瞭解所有所述目標或優勢不一定需要根據任何具體實施例來實現。因此，舉例而言，熟習此項技術者應認識到，本發明可按照可實現或最佳化一個優勢或一組優勢而不一定實現其他目標或優勢的方式來實施或進行。

【0176】所有這些實施例意欲屬於本文中所揭露之本發明之範疇內。熟習此項技術者將根據已參考附圖之以下實施方式而顯而易見這些及其他實施例，本發明不限於任何特定的所揭露實施例。

### 【圖式簡單說明】

【0177】參考某些實施例之圖式描述本發明之這些及其他特徵、

態樣以及優勢，所述圖式意欲說明某些實施例而非限制本發明。

圖 1 為包括矽藻殼之矽藻土的掃描電子顯微鏡 (SEM) 影像。

圖 2 為包含多孔表面之實例矽藻殼的 SEM 影像。

圖 3 為各具有實質上圓柱形之實例矽藻殼的 SEM 影像。

圖 4A 及 4B 為矽藻殼分離製程之實例步驟的流程圖。

圖 5A 展示在外表面及內表面上皆包括結構之矽藻殼的實例實施例。

圖 5B 展示用銀接晶種之實例矽藻殼表面在  $50k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5C 展示用銀接晶種之矽藻殼表面在  $250k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5D 展示上面形成有銀奈米結構之矽藻殼表面在  $20k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5E 展示上面形成有銀奈米結構之矽藻殼表面在  $150k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5F 展示具有由銀奈米結構塗佈之表面之矽藻矽藻殼片在  $25k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5G 展示用鋅氧化物接晶種之矽藻殼表面在  $100k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5H 展示用鋅氧化物接晶種之矽藻殼表面在  $100k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5I 展示上面形成有鋅氧化物奈米線之矽藻殼表面在  $50k\times$  放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5J 展示上面形成有鋅氧化物奈米線之矽藻殼表面在  $25k\times$  5

放大倍率下的 SEM 影像。

圖 5K 展示上面形成有鋅氧化物奈米板之矽藻殼表面在 10k× 放大倍率下的 SEM 影像。

圖 6 示意性說明能量儲存裝置之實例實施例。

圖 7 展示矽藻殼併入分離器層之能量儲存裝置之分離器的實例實施例。

圖 8 展示矽藻殼併入電極層之能量儲存裝置之電極的實例實施例。

## 【實施方式】

**【0178】** 雖然某些實施例及實例描述如下，但熟習此項技術者應理解本發明擴展超出特定揭露之實施例及/或用途及其明顯修飾與等效物。因此，其目的在於本文中所揭露之本發明之範疇不應由如下所述之任何具體實施例限制。

**【0179】** 用於對電子裝置供電之能量儲存裝置一般包含電池（例如可充電電池）、電容器以及超級電容器（例如 EDLC）。能量儲存裝置可包括不對稱能量儲存裝置，包括例如電池-電容器混合裝置。能量儲存裝置可使用諸如網版印刷、捲軸式印刷、噴墨印刷等之印刷技術製造。印刷能量儲存裝置可有助於減小能量儲存裝置厚度，允許實現緊密能量儲存。印刷能量儲存裝置可藉由促進例如能量儲存裝置之堆疊而允許增加能量儲存密度。增加能量儲存密度可促進將印刷能量儲存裝置用於具有大功率需求之應用，諸如太陽能儲存。與具有剛性外殼之能量儲存裝置不同，印刷能量儲存裝置可在可撓性基板上實施，使得允許實現可撓性能量儲

存裝置。可撓性能量儲存裝置可促進製造諸如可撓性電子顯示媒體之可撓性電子裝置。由於減小的厚度及/或可撓性結構，印刷能量儲存裝置可給美容貼片、醫學診斷產品、遠端感測器陣列、智慧卡、智慧包裝、智慧服裝、賀卡等供電。

**【0180】** 印刷能量儲存裝置之可靠性及耐用性可能為阻礙印刷電池的採用增加之因素。印刷能量儲存裝置典型地缺少剛性外殼，因此印刷能量儲存裝置可能無法在使用或生產中經得起壓縮壓力或形變操作。能量儲存裝置層厚度響應於壓縮壓力或形變操作之變化可能不利地影響裝置可靠性。舉例而言，一些印刷能量儲存裝置包含由分離器隔開的電極。分離器厚度之偏差可能在電極之間引起短路，諸如當分離器為可壓縮的且未能在壓縮壓力或形變操作下維持電極之間的分離時。

**【0181】** 與製造印刷能量儲存裝置相關之成本亦可為阻礙將印刷能量儲存裝置用於較寬範圍的應用供電的因素。使用印刷技術之能量儲存裝置之可靠製造可促進有成本效益的能量儲存裝置的生產。能量儲存裝置之印刷可使得裝置印刷製程能夠整合至電子裝置（包含例如由印刷能量儲存裝置供電的印刷電子裝置）之生產中，從而可能進一步實現成本節約。然而，不適當的裝置結構堅固性可能阻礙在整個製造過程中的裝置完整性，降低一些印刷技術之可行性且妨礙印刷能量儲存裝置之有成本效益的生產。印刷能量儲存裝置層之厚度亦可能妨礙在製造過程中使用某些印刷技術，例如歸因於裝置層厚度大於印刷技術可有效印刷之膜厚度。

**【0182】** 如本文所述，矽藻殼可具有顯著機械強度或抗剪應力性，例如歸因於尺寸、形狀、孔隙率及/或材料。根據本文所述之

一些實施，能量儲存裝置包含一或多個包括矽藻殼之組件，例如印刷能量儲存裝置之一或多個層或膜。包括矽藻殼之能量儲存裝置可具有機械強度及/或結構完整性，使得能量儲存裝置能夠承受可能在製造或使用期間出現的壓縮壓力及/或形變操作而未毀壞，使得裝置可靠性可增加。包括矽藻殼之能量儲存裝置可抵抗層厚度之變化，使得能夠維持均一或實質上均一的裝置層厚度。舉例而言，包括矽藻殼之分離器可藉由維持電極之間的均一或實質上均一的間距以抑制或阻止裝置中之短路而承受壓縮壓力或形變操作，由此促進經改良之能量儲存裝置可靠性。

**【0183】** 包括矽藻殼之能量儲存裝置中機械強度增加可促進使用不同印刷技術可靠地製造能量儲存裝置，由此允許實現有成本效益的裝置製造，歸因於產率增加及/或製造過程與由所述裝置供電之應用的生產過程的整合。

**【0184】** 能量儲存裝置可使用包括矽藻殼之墨水印刷。舉例而言，印刷能量儲存裝置之一或多個膜可包括矽藻殼。具有矽藻殼之印刷能量儲存裝置之一或多個膜可可靠地印刷於多種基板上，包含（但不限於）可撓性或不可撓的基板、紡織物、裝置、塑膠、任何種類之薄膜（諸如金屬或半導體薄膜）、任何種類之紙、其組合及/或類似物。舉例而言，合適基板可包含石墨紙、石墨烯紙、聚酯薄膜（例如邁拉（Mylar））、聚碳酸酯薄膜、鋁箔、銅箔、不鏽鋼箔、發泡碳（carbon foam）、其組合及/或類似物。歸因於某些所述印刷能量儲存裝置之可靠性增加，例如歸因於堅固性由於一或多個包括矽藻殼之層而增加，在可撓性基板上製造印刷能量儲存裝置可允許實現可用於一系列廣泛裝置及實施的可撓性印刷

能量儲存裝置。

**【0185】** 包括矽藻殼之印刷能量儲存裝置的經改良之機械強度亦可允許實現印刷裝置層厚度之減小。舉例而言，矽藻殼可為能量儲存裝置層提供結構支撐，使得較薄層能夠具有足以承受壓縮壓力或形變操作之結構堅固性，因而可減小總裝置厚度。印刷能量儲存裝置之厚度降低可進一步促進印刷裝置之能量儲存密度及/或允許實現印刷裝置的更廣泛使用。

**【0186】** 包括矽藻殼之印刷能量儲存裝置可具有經改良之裝置效能，例如經改良之裝置效率。能量儲存裝置層之厚度減小可使得裝置效能能夠得以改良。能量儲存裝置之效能可至少部分視能量儲存裝置之內電阻而定。舉例而言，能量儲存裝置之效能可至少部分視第一與第二電極之間的間距而定。針對給定可靠性量度之分離器膜厚度降低減小了第一與第二電極之間的距離，其可減小內電阻且改良能量儲存裝置之效率。能量儲存裝置之內電阻亦可至少部分視第一與第二電極之間離子物種之遷移而定。矽藻殼表面之孔隙率可允許實現離子物種之遷移。舉例而言，包括矽藻殼之分離器可使得能量儲存裝置之電極能夠在結構上更堅固的分離，同時促進電極之間離子物種之遷移。矽藻殼表面孔隙率可促進移動離子物種在第一電極與第二電極之間的直接通路，從而減小電阻及/或增加效率。包括矽藻殼之電極層之厚度減小及電極矽藻殼之孔隙率亦可使得儲存裝置效能能夠得以改良。減小的電極厚度可增加離子物種對電極內之活性材料的接近。電極中矽藻殼之孔隙率及/或導電性可促進電極內離子物種之遷移。電極中之矽藻殼亦可藉由例如充當上面可施用或形成活性材料及/或包括活性

材料之結構的基板而允許實現增加活性材料之表面積且由此促進離子物種對活性材料的接近，而使得裝置效能能夠得以改良。

**【0187】** 圖 1 為包括矽藻殼 10 之矽藻土的掃描電子顯微鏡( SEM )影像。矽藻殼 10 具有大體上圓柱形，但一些矽藻殼為破碎的或呈不同形狀。在一些實施例中，圓柱形矽藻殼 10 具有約 3 微米至約 5 微米之直徑。在一些實施例中，圓柱形矽藻殼 10 具有約 10 微米至約 20 微米之長度。其他直徑及/或長度亦為可能的。矽藻殼 10 可具有顯著機械強度或抗剪應力性，例如歸因於架構(例如尺寸、形狀)、材料、其組合及/或類似物。舉例而言，矽藻殼 10 之機械強度可與矽藻殼 10 之大小呈逆相關。在一些實施例中，最長軸在約 30 微米至約 130 微米範圍內之矽藻殼 10 可承受約 90 微牛頓至約 730 微牛頓之壓縮力。

**【0188】** 圖 2 為包含多孔表面 12 之實例矽藻殼 10 的 SEM 影像。多孔表面 12 包含圓形或實質上圓形開口 14。其他形狀之開口 14 亦為可能的(例如曲線形、多邊形、長條形等)。在一些實施例中，矽藻殼 10 之多孔表面 12 具有均一或實質上均一的孔隙率，例如包含具有均一或實質上均一的形狀、尺寸及/或間距的開口 14(例如，如圖 2 中所示)。在一些實施例中，矽藻殼 10 之多孔表面 12 具有不同孔隙率，例如包含具有不同形狀、尺寸及/或間距之開口 14。多個矽藻殼 10 之多孔表面 12 可具有均一或實質上均一的孔隙率，或不同矽藻殼 10 之多孔表面 12 的孔隙率可不同。多孔表面 12 可包括奈米孔隙率，包含例如微孔隙率、中孔隙率及/或大孔隙率。

**【0189】** 圖 3 為各具有圓柱形或實質上圓柱形之實例矽藻殼 10 的

SEM 影像。矽藻殼特徵可在不同矽藻種類中不同，每一矽藻種類具有不同形狀、大小、孔隙率、材料及/或另一矽藻殼屬性之矽藻殼。可能為市售（例如來自澳大利亞堪培拉的希爾維亞山矽藻土有限公司（Mount Sylvia Diatomite Pty Ltd of Canberra, Australia）、佛羅里達勞德戴爾堡的美國百洲化學（Continental Chemical USA of Fort Lauderdale, Florida）、佐治亞州梅肯的林特國際有限責任公司（Lintech International LLC of Macon, Georgia）等）的矽藻土可充當矽藻殼之來源。在一些實施例中，根據預定矽藻殼特徵揀選矽藻土。舉例而言，揀選可使得矽藻殼各包含預定特徵，諸如形狀、尺寸、材料、孔隙率、其組合及/或類似特徵。揀選矽藻殼可包含一或多個分離製程，諸如過濾、篩分（例如使用振動篩根據矽藻殼形狀或大小分離）、涉及軸向渦流或離心技術之分離製程（例如用於根據矽藻殼密度分離）、任何其他的合適固體-固體分離製程、其組合及/或類似方法。矽藻殼亦可為在獲得（例如自市售來源）時已根據矽藻殼特徵揀選之矽藻殼，使得矽藻殼已包括均一或實質上均一的形狀、大小、材料、孔隙率、另一預定矽藻殼屬性、其組合及/或類似特徵。舉例而言，可自一個地理區域（例如，諸如美國、秘魯、澳大利亞等之國家區域；地球區域；等）及/或一類天然環境（例如淡水環境、咸水環境等）獲得之矽藻殼可包括典型地見於所述地理區域及/或環境之種類的矽藻殼，從而提供具有均一或實質上均一的形狀、大小、材料、孔隙率、另一預定矽藻殼屬性、其組合及/或類似物之矽藻殼。

【0190】 在一些實施例中，分離製程可用於揀選矽藻殼，以便僅保留或實質上僅保留未破碎的矽藻殼。在一些實施例中，分離製

程可用於移除破碎矽藻殼或小矽藻殼，產生具有特定長度及/或直徑之僅或實質上僅圓柱形矽藻殼 10 (例如，如圖 3 中所說明)。移除破碎矽藻殼之分離製程可包含諸如使用具有所選目徑之篩子篩分以僅保留或實質上僅保留具有預定尺寸之矽藻殼。舉例而言，篩子之目徑可經選擇以移除具有不超過約 40 微米、不超過約 30 微米、不超過約 20 微米或不超過約 10 微米且包含以上述值作為界限並包含上述值之範圍之尺寸 (例如長度或直徑) 的矽藻殼。其他篩目大小亦可為合適的。

**【0191】** 在一些實施例中，移除破碎矽藻殼之分離製程包含將超音波應用於流體分散液中所置放之矽藻殼，包含例如超音波處理，在此期間分散於水浴中之矽藻殼經受超音波。可至少部分基於矽藻殼之一或多個屬性來調節音波處理參數 (諸如功率、頻率、持續時間及/或類似參數)。在一些實施例中，超音波處理包含使用頻率在約 20 千赫 (kHz) 與約 100 kHz 之間、在約 30 kHz 與約 80 kHz 之間以及在約 40 kHz 與約 60 kHz 之間的音波。在一些實施例中，超音波處理可使用具有約 20 kHz、約 25 kHz、約 30 kHz、約 35 kHz、約 40 kHz、約 45 kHz 以及以上述值作為界線且包含上述值之範圍之頻率的音波。超音波處理步驟可具有約 2 分鐘至約 20 分鐘、約 2 分鐘至約 15 分鐘以及約 5 分鐘至約 10 分鐘之持續時間。在一些實施例中，超音波處理步驟可具有約 2 分鐘、約 5 分鐘、約 10 分鐘以及以上述值作為界線且包含上述值之範圍的持續時間。舉例而言，矽藻殼-流體樣品可經受在約 35 kHz 之頻率下的超音波持續約 5 分鐘。

**【0192】** 在一些實施例中，分離製程包含沈降。舉例而言，分離

製程可包含超音波處理及沈降，使得矽藻殼-流體樣品之較重粒子可在超音波處理期間自矽藻殼-流體樣品之懸浮相沈澱出。在一些實施例中，矽藻殼-流體樣品之較重粒子的沈降過程具有約 15 秒至約 120 秒、約 20 秒至約 80 秒以及約 30 秒至約 60 秒之持續時間。在一些實施例中，沈降具有不超過約 120 秒、不超過約 60 秒、不超過約 45 秒、不超過約 30 秒之持續時間。

**【0193】** 移除破碎矽藻殼之分離製程可包含使用高速離心技術進行基於密度之物理分離，包含例如超速離心步驟。舉例而言，分離製程可包含矽藻殼-流體樣品之懸浮相的超速離心。超速離心參數（諸如角速度、持續時間及/或類似參數）可至少部分視懸浮相之組成（例如矽藻殼之密度）及/或所用設備之特性而定。舉例而言，懸浮相可在約 10,000 轉/分(RPM)至約 40,000 RPM、約 10,000 RPM 至約 30,000 RPM、約 10,000 RPM 至約 20,000 RPM 以及約 10,000 RPM 至約 15,000 RPM 之角速度下超速離心。懸浮相可超速離心約 1 分鐘至約 5 分鐘、約 1 分鐘至約 3 分鐘以及約 1 分鐘至約 2 分鐘之持續時間。舉例而言，矽藻殼-流體樣品之懸浮相可在約 13,000 RPM 之角速度下超速離心約 1 分鐘。

**【0194】** 圖 4A 及 4B 為矽藻殼分離製程 20 之實例步驟的流程圖。所述製程 20 可使得破碎及/或未破碎的矽藻矽藻殼能夠與包括例如破碎及未破碎的矽藻矽藻殼之固體混合物分離。在一些實施例中，分離製程 20 允許實現大規模矽藻殼揀選。

**【0195】** 如本文所述，可存在用於奈米結構化材料及/或奈米裝置之兩個矽藻矽藻殼來源：活矽藻及矽藻土。矽藻可直接自自然界獲得或經培養。可在幾天內人工培養大量相同二氧化矽矽藻殼。

為將天然矽藻用於奈米結構化材料及/或奈米裝置，可執行分離製程以使矽藻與其他有機材料及/或物質分離。另一途徑為使用矽藻土。沈降物為豐富的，且材料具有低成本。

**【0196】** 矽藻土可具有範圍介於不同矽藻種類之混合物至單個矽藻種類之矽藻殼（例如包含一些淡水沈降物）。矽藻土可包括破碎及/或完整的矽藻矽藻殼外加不同來源之污染材料。視應用而定，吾人可僅使用完整的矽藻矽藻殼、僅使用破碎的矽藻殼，或使用兩者之混合物。舉例而言，當分離完整矽藻殼時，可使用具有一種矽藻殼之矽藻土。

**【0197】** 在一些實施例中，一種分離方法包括使完整的矽藻矽藻殼與矽藻矽藻殼之碎片分離。在一些實施例中，分離製程包括根據共同矽藻殼特性（例如包含長度或直徑之尺寸、形狀及/或材料）揀選完整的矽藻矽藻殼，及/或基於共同矽藻殼特性（例如包含長度或直徑之尺寸、形狀、破碎程度及/或材料）揀選矽藻矽藻殼的部分。舉例而言，分離製程可允許實現提取具有至少一個共同特性之多個矽藻矽藻殼或矽藻矽藻殼的部分。在一些實施例中，分離製程包括自矽藻矽藻殼及/或矽藻矽藻殼的部分移除具有不同化學來源之污染材料。

**【0198】** 在長時間內保持不變的矽藻及矽藻矽藻殼有時用於生物學、生態學以及相關地球科學研究。已開發許多自水或沈降物提取矽藻殼之小樣品的途徑。沈降物（矽藻土）含有矽藻矽藻殼（破碎及未破碎的）以及碳酸鹽、雲母、黏土、有機物及其他沈積粒子。分離未破碎的矽藻殼可涉及三個主要步驟：移除有機殘餘物、移除不同化學來源之粒子、以及移除碎片。移除有機物可藉由在

漂白劑（例如過氧化氫及/或硝酸）中加熱樣品及/或在較高溫度下退火來實現。碳酸鹽、黏土以及其他可溶性非二氧化矽材料可藉由鹽酸及/或硫酸移除。為了分離破碎及未破碎的矽藻殼，可應用若干技術：篩分、沈降及離心、與重質液體一起離心、以及分流側向輸送薄層分離池（split-flow lateral-transport thin separation cell）及其組合。所有這些途徑之問題可能通常為破碎及未破碎的矽藻殼之聚集，其可能削弱分離之品質及/或可能使得分離製程僅適用於實驗室規模樣品。

**【0199】** 按比例擴大分離程序可使得矽藻矽藻殼能夠用作工業奈米材料。

**【0200】** 在一些實施例中，可用於工業規模矽藻分離的分離程序包括分離具有至少一個共同特性的矽藻矽藻殼部分。舉例而言，共同特性可為未破碎的矽藻矽藻殼或破碎的矽藻矽藻殼。如圖 4A 及 4B 中所示之分離製程 20 為允許實現工業規模矽藻分離之實例分離程序。在一些實施例中，允許實現大規模矽藻分離之分離程序，使得能夠諸如藉由使用界面活性劑及/或盤式堆疊離心機減少矽藻殼之聚結。在一些實施例中，使用界面活性劑可允許實現大規模分離。在一些實施例中，使用盤式堆疊離心機（例如乳脂分離機型離心製程）可允許實現大規模分離。舉例而言，使用界面活性劑分散矽藻矽藻殼連同使用盤式堆疊離心機來基於矽藻殼特性揀選矽藻殼可藉由使得能夠減少矽藻矽藻殼之聚結而促進大規模矽藻分離。傳統的非盤式堆疊離心製程將引起矽藻殼沈降。棄去上清液（supernatant），且將沈降矽藻殼再分散在溶劑中，此後離心將再次引起矽藻殼沈降。重複此製程直至實現所需分離。盤

式堆疊離心製程可連續再分散且分離沈降矽藻殼。舉例而言，富於完整矽藻之相可被持續循環經過盤式堆疊離心機，從而變得愈來愈增濃。在一些實施例中，盤式堆疊離心機可使得破碎的矽藻矽藻殼能夠與未破碎的矽藻矽藻殼分離。在一些實施例中，盤式堆疊離心機可允許實現根據矽藻矽藻殼特性來揀選矽藻矽藻殼。舉例而言，盤式堆疊離心機可允許實現提取具有至少一個共同特性（例如尺寸、形狀、破碎程度及/或材料）之矽藻殼。

**【0201】** 允許實現工業規模矽藻分離之分離程序，諸如圖 4A 及 4B 中所示之分離製程 20，可包含以下步驟：

**【0202】** 1. 包括矽藻矽藻殼及/或矽藻矽藻殼之部分的固體混合物（例如矽藻土）之粒子可為岩石且可分解為較小粒子。舉例而言，可減小固體混合物之粒徑以促進分離製程 20。在一些實施例中，為了獲得粉末，可例如使用研鉢及研杵、罐磨機、碎石機、其組合及/或類似物適度碾壓或研磨矽藻土。

**【0203】** 2. 在一些實施例中，可經由篩分步驟移除大於矽藻矽藻殼或矽藻矽藻殼之部分的矽藻土組分。在一些實施例中，在已碾壓矽藻土後執行篩分步驟。舉例而言，可篩分矽藻土粉末以移除比矽藻殼大的粉末粒子。在一些實施例中，可藉由將固體混合物（例如經碾壓之矽藻土）分散於液體溶劑中而促進篩分。溶劑可為水及/或其他合適液體溶劑。可藉由音波處理包括固體混合物及溶劑之混合物來促進固體混合物分散於溶劑中。其他輔助分散之方法亦可為合適的。在一些實施例中，分散液包括重量百分比在約 1 重量百分比至約 5 重量百分比、約 1 重量百分比至約 10 重量百分比、約 1 重量百分比至約 15 重量百分比、或約 1 重量百分比至約

20 重量百分比之範圍內的矽藻。可減小分散液中固體混合物之濃度，以促進篩分步驟移除大於矽藻之分散液粒子。篩孔視樣品中矽藻之大小而定。舉例而言，合適篩子可包括約 20 微米之目徑，或使得能夠自分散液移除固體混合物之大於矽藻之粒子的任何其他目徑（例如具有約 15 微米至約 25 微米、或約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子）。搖篩器可用於有效增加穿過篩子之流動。

**【0204】** 3. 在一些實施例中，分離製程包含純化步驟以便自矽藻（例如矽藻矽藻殼或矽藻矽藻殼的部分）移除有機污染物。移除有機污染物之合適製程可包括在漂白劑（例如硝酸及/或過氧化氫）中浸入及/或加熱矽藻，及/或在較高溫度下將矽藻退火。舉例而言，可在包括約 10 體積百分比至約 50 體積百分比（例如 30 體積百分比）過氧化氫之一定體積之溶液中加熱矽藻之樣品歷時約 1 分鐘至約 15 分鐘（例如 10 分鐘）。其他組成、濃度及/或持續時間可為合適的。舉例而言，所用溶液之組成、所用溶液之濃度及/或加熱之持續時間可視欲純化之樣品的組成（例如有機污染物及/或矽藻之類型）而定。在一些實施例中，可在溶液中加熱矽藻直至溶液停止或實質上停止起泡（例如表明有機污染物之移除完成或實質上完成），以促進充分移除有機污染物。可重複在溶液中浸入及/或加熱矽藻直至有機污染物已被移除或實質上移除。

**【0205】** 自有機污染物純化矽藻後可接著用水洗滌。在一些實施例中，可用液體溶劑（例如水）洗滌矽藻。可經由沈降製程（包含例如離心步驟）自溶劑分離矽藻。合適離心機技術可包含例如盤式堆疊離心機、傾析離心機、管式離心機、其組合及/或類似物。

**【0206】** 4. 在一些實施例中，分離製程包含純化步驟，以移除無

機污染物。可藉由將矽藻與鹽酸及/或硫酸混合來移除無機污染物。無機污染物可包含碳酸鹽、黏土以及其他可溶性非二氧化矽材料。舉例而言，矽藻之樣品可與包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸（例如約 20 體積百分比鹽酸）之一定體積溶液混合約 20 分鐘至約 40 分鐘（例如約 30 分鐘）之持續時間。其他組成、濃度及/或持續時間可為合適的。舉例而言，所用溶液之組成、所用溶液之濃度及/或混合之持續時間可視欲純化之樣品的組成（例如無機污染物及/或矽藻之類型）而定。在一些實施例中，矽藻可混合於溶液中直至溶液停止或實質上停止起泡（例如表明無機污染物之移除完成或實質上完成），以促進充分移除無機污染物。可重複將矽藻與溶液混合直至無機污染物已被移除或實質上移除。

**【0207】**自可溶性無機污染物純化矽藻後可接著用水洗滌。在一些實施例中，矽藻可用液體溶劑（例如水）洗滌。可經由沈降製程（包含例如離心步驟）自溶劑分離矽藻。合適離心機技術可包含例如盤式堆疊離心機、傾析離心機、管式離心機、其組合及/或類似物。

**【0208】5.**在一些實施例中，分離製程包括將矽藻殼分散於界面活性劑中。界面活性劑可促進矽藻殼及/或矽藻殼之部分彼此分離，從而減少矽藻殼及/或矽藻殼之部分的聚結。在一些實施例中，將添加劑用於減少矽藻之聚結。舉例而言，矽藻可分散於界面活性劑及添加劑中。在一些實施例中，可藉由音波處理包括矽藻、界面活性劑及/或添加劑之混合物來促進將矽藻分散於界面活性劑及/或添加劑中。

例而言，矽藻殼 50 可具有中空圓柱形或實質上圓柱形，且可在圓柱體之外表面及內表面上包括結構 52。結構 52 可改變或影響矽藻殼 50 之特性或屬性，包含例如矽藻殼 50 之導電性。舉例而言，可藉由在矽藻殼 50 之一或多個表面上形成導電結構 52 而使電絕緣矽藻殼 50 變得導電。矽藻殼 50 可包含包括銀、鋁、鉑、黃銅、銅、鋰、鎂、其組合及/或類似物之結構 52。在一些實施例中，矽藻殼 50 包含包括 ZnO 之結構 52。在一些實施例中，矽藻殼 50 包含包括半導體材料之結構 52，所述半導體材料包含矽、鎵、矽鎵、砷化鎵、其組合及/或類似物。在一些實施例中，矽藻殼 50 在矽藻殼 50 之所有或實質上所有表面上包括表面改質結構 52。

**【0218】** 在矽藻殼 50 之表面上應用或形成之結構 52 可包括不同形狀、尺寸及/或其他屬性。矽藻殼 50 可包括具有均一或實質上均一的形狀、尺寸及/或另一結構 52 屬性之結構 52。在一些實施例中，矽藻殼 50 可具有包括奈米線、奈米粒子、具有重尊狀之結構、其組合及/或類似物之結構 52。

**【0219】** 可至少部分藉由將矽藻殼 50 與包括所需材料之調配物組合以便允許將結構 52 塗佈或接晶種於矽藻殼 50 之表面上而將結構 52 形成或沈積於矽藻殼 50 之表面上。

**【0220】** 如本文所述，矽藻殼 50 之表面上的結構 52 可包括氧化鋅，諸如氧化鋅奈米線。在一些實施例中，可藉由將矽藻殼 50 與包括乙酸鋅二水合物 ( $Zn(CH_3CO_2)_2 \cdot 2H_2O$ ) 及乙醇之溶液組合而將氧化鋅奈米線形成於矽藻殼 50 之表面上。舉例而言，具有 0.005 mol/L (M) 濃度之乙酸鋅二水合物於乙醇中之溶液可與矽藻殼 50 組合，以便塗佈矽藻殼 50 之表面。經塗佈之矽藻殼 50 可隨後風

乾且用乙醇沖洗。在一些實施例中，可隨後將乾燥的矽藻殼 50 退火（例如在約 350°C 之溫度下）。可隨後使氧化鋅奈米線在經塗佈之矽藻殼 50 之表面上生長。在一些實施例中，經退火之矽藻殼 50 維持在高於室溫的溫度下（例如維持在約 95°C 之溫度下），以促進氧化鋅奈米線之形成。

**【0221】** 矽藻殼 50 亦可包括在矽藻殼 50 之表面上形成或沈積以改質矽藻殼 50 之特性或屬性的材料。舉例而言，可藉由在矽藻殼 50 之一或多個表面上形成或施用導電材料而使電絕緣矽藻殼 50 變得導電。矽藻殼 50 可包含包括銀、鋁、鉭、黃銅、銅、鋰、鎂、其組合及/或類似物之材料。在一些實施例中，矽藻殼 50 包含包括 ZnO 之材料。在一些實施例中，矽藻殼 50 包含包括半導體材料之材料，所述半導體材料包含矽、鎗、矽鎗、砷化鎵、其組合及/或類似物。表面改質材料可在矽藻殼 50 之外表面及/或內表面上。在一些實施例中，矽藻殼 50 在矽藻殼 50 之所有或實質上所有表面上包括表面改質材料。

**【0222】** 可部分經由使矽藻殼 50 與包含所需材料之調配物組合以便允許將材料塗佈或接晶種於矽藻殼 50 之表面上而將材料形成或沈積於矽藻殼 50 之表面上。

**【0223】** 如本文所述，材料可沈積於矽藻殼 50 之表面上。在一些實施例中，材料包括導電金屬，諸如銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅。在一些實施例中，使用包括銀之材料塗佈矽藻殼 50 之表面至少部分包含使矽藻殼 50 與包括氨 ( $\text{NH}_3$ ) 及硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 之溶液組合。在一些實施例中，可按照與常用於製備托倫斯試劑 (Tollens'reagent) 之製程類似的製程製備所述溶液。舉例而言，溶

液之製備可包括添加氨至硝酸銀水溶液中以形成沈澱，隨後進一步添加氨直至沈澱溶解。可隨後將溶液與矽藻殼 50 組合。舉例而言，可將 5 毫升 (mL) 氨添加至 150 mL 硝酸銀水溶液中，同時攪拌使得沈澱形成，隨後再添加 5 mL 氨直至沈澱溶解。可隨後藉由使溶液與 0.5 公克 (g) 矽藻殼 50 及葡萄糖水溶液（例如 4 g 葡萄糖溶解於 10 mL 蒸餾水中）組合來形成混合物。混合物可隨後置放於浸入維持在一定溫度下之浴（例如維持在約 70°C 之溫度下的溫水浴）中的容器中，以便促進矽藻殼 50 之塗佈。

在矽藻矽藻殼或矽藻矽藻殼之部分上生長奈米結構

**【0224】** 如本文所述，矽藻土為來自稱為矽藻之化石化微觀生物體的天然產生之沈降物。化石化微生物包括由高度結構化二氧化矽製成之硬矽藻殼，其大小常介於約 1 微米與約 200 微米之間。不同種類之矽藻具有不同三維形狀及特徵，其在不同來源間變化。

**【0225】** 矽藻土可包含非常多孔、有磨蝕性及/或耐熱的材料。由於這些性質，矽藻土已具有廣泛應用，包含過濾、液體吸收、絕熱、作為陶瓷添加劑、柔和磨料、清潔劑、食品添加劑、化妝品等。

**【0226】** 矽藻矽藻殼具有吸引人的奈米科學及奈米技術之特徵，即其具有天然產生之奈米結構：奈米孔、奈米腔以及奈米凸塊（例如，如圖 1 至 圖 3 中所示）。視矽藻種類（例如大於 105 種）而定的矽藻殼形狀之豐度為另一吸引人的性質。構成矽藻矽藻殼之二氧化矽可被有用物質塗佈或被有用物質替換同時保留矽藻奈米結構。矽藻奈米結構可充當適用於許多製程及裝置之奈米材料：染

料敏化太陽能電池、藥物遞送器、電致發光顯示器、Li離子電池之陽極、氣體感測器、生物感測器等。可使用  $\text{SiO}_2$  之高溫氣體置換實現  $\text{MgO}$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiN}$  以及  $\text{Si}$  之形成。

**【0227】** 在一些實施例中，矽藻矽藻殼可塗有 3D 奈米結構。矽藻可塗佈於內表面及/或外表面上，包含矽藻之奈米孔內部。塗層可能不精確保留矽藻結構。然而，塗層可本身具有奈米孔及奈米凸塊。所述二氧化矽矽藻殼/奈米結構複合物使用矽藻殼作為載體。奈米結構化材料可具有密集地接合在一起的小奈米粒子：奈米線、奈米球、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米盤及/或奈米帶。總之，複合物可具有極大表面積。

**【0228】** 在矽藻矽藻殼之表面上形成之奈米結構可包含：1)銀( $\text{Ag}$ )奈米結構；2)氧化鋅( $\text{ZnO}$ )奈米結構；及/或 3)碳奈米管“森林”。如本文所述，具有在一或多個表面上形成之奈米結構的矽藻矽藻殼可用於能量儲存裝置，諸如電池及超級電容器、太陽能電池及/或氣體感測器。奈米結構可形成於未破碎的矽藻殼及/或破碎的矽藻殼之一或多個表面上。在一些實施例中，用於奈米結構形成製程中之矽藻殼或矽藻殼的部分可能已經由包括本文所述之分離步驟的分離程序（例如圖 4A 及 4B 中所示之分離製程 20）加以提取。

**【0229】** 在一些實施例中，使用兩步法生長奈米結構。第一步驟一般包含晶種在矽藻矽藻殼之表面上生長。晶種為直接結合（例如化學結合）於矽藻矽藻殼之表面的奈米結構，且可具有特定粒徑及/或均勻性。可提供能量以形成所述結合。接晶種製程可在高溫下進行及/或涉及可產生熱量或某其他形式的能量增益之其他技

術。

**【0230】** 形成奈米結構之第二步驟一般包含從晶種生長出最終奈米結構。預塗有晶種之矽藻殼可在一定條件下浸於初始材料之環境中。奈米結構可包含奈米線、奈米板、緻密奈米粒子、奈米帶、奈米盤、其組合及/或類似物中之一或多者。外觀尺寸可視奈米結構生長之條件而定（例如，奈米結構之形態可視在晶種層上形成奈米結構期間的一或多個生長條件而定，包含例如生長溫度、加熱型樣、在奈米結構生長期間包含化學添加劑、及/或其組合）。

#### 在矽藻矽藻殼之表面上形成 Ag 奈米結構之實例製程

**【0231】** 初始的使用銀（或晶種）塗佈二氧化矽可藉由使用微波、超音波處理、表面改質還原  $\text{Ag}^+$  鹽及/或使用還原劑還原硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 來實現。

**【0232】** 晶種生長步驟可包含將銀鹽及還原劑溶解於溶劑中（例如還原劑及溶劑可為相同物質）且將經純化之矽藻分散於混合物中。在溶解期間及/或之後，可應用如混合、攪拌、加熱、超音波處理、微波、其組合及/或類似物之物理力。晶種層生長過程可在不同量之時間內發生。

#### 在矽藻矽藻殼之表面上生長 Ag 晶種之實例

**【0233】** 實例 1 包含以下步驟：將 0.234 g 經純化之矽藻、0.1 g  $\text{AgNO}_3$  以及 50 mL 在 60°C 下熔融之 PEG 600（聚乙二醇）混合於燒杯中。在一些實施例中，可藉由循環加熱方案加熱包括乾淨矽藻、銀供給組分（例如硝酸銀）以及還原劑之混合物。在一些實

施例中，還原劑及溶劑可為相同物質。舉例而言，混合物可被加熱約 20 分鐘至約 40 分鐘，每分鐘自約 100 瓦至約 500 瓦交替加熱。舉例而言，藉由微波加熱包括乾淨矽藻、硝酸銀以及熔融 PEG 之混合物約 30 分鐘。微波功率每分鐘自 100 瓦變成 500 瓦以防止過度加熱混合物。一些市售微波允許使用者確定在特定持續時間後內容物之溫度，及/或確定在不同持續時間後的多個溫度（例如以定義溫度斜率），在此期間微波控制功率以獲得結果。舉例而言，微波可確定在 2 分鐘內將 50 mL 水加熱至 85°C 比在 1 分鐘內將 50 mL 水加熱至 85°C 所需之功率低，且可在加熱過程期間，例如基於溫度感測器進行此調節。另舉一例，微波可確定在 2 分鐘內將 50 mL 水加熱至 85°C 比在 2 分鐘內將 100 mL 水加熱至 85°C 所需之功率低，且可在加熱過程期間，例如基於溫度感測器進行此調節。將矽藻離心且用乙醇洗滌。晶種圖解於圖 5B 及圖 5C 中。

**【0234】 實例 2** 包含以下步驟：將 45 mL N,N-二甲基甲醯胺、0.194 g 6,000 MW PVP（聚乙烯吡咯啶酮）、5 mL 0.8 mM AgNO<sub>3</sub> 水溶液以及 0.1 g 經過濾及純化之矽藻混合於燒杯中。將超音波處理器（例如 13 毫米直徑、20 千赫、500 瓦）之尖端置於混合物中且將具有混合物之燒杯置於冰浴中。尖端振幅設定在 100%。音波處理持續 30 分鐘。在程序後於乙醇中使用水浴超聲波處理及在 3,000 RPM 下離心 5 分鐘將矽藻清潔兩次。接著再重複所述製程兩次直至在矽藻上看見晶種。

**【0235】** 圖 5B 展示在矽藻矽藻殼 60 之表面上形成之銀晶種 62 在 50k×放大倍率下的 SEM 影像。圖 5C 展示在矽藻矽藻殼 60 之表面上形成之銀晶種 62 在 250k×放大倍率下的 SEM 影像。

## 在銀接晶種之矽藻矽藻殼表面上形成銀奈米結構之實例

**【0236】** 使用銀進一步塗佈接晶種之矽藻矽藻殼可在氬氣 (Ar) 氛圍下進行以抑制氧化銀形成。在一些實施例中，矽藻矽藻殼部分可經燒結（例如加熱至約 400°C 至約 500°C 之溫度）以從氧化銀獲得銀，氧化銀可能已在矽藻矽藻殼部分之一或多個表面上形成（包含在所述製程期間所形成之氧化銀），以使用銀進一步塗佈接晶種之矽藻矽藻殼部分。舉例而言，可對用於製造導電銀墨水（例如如本文所述之 UV 可固化導電銀墨水）之矽藻矽藻殼部分執行矽藻矽藻殼部分之燒結。在一些實施例中，可在經組態以促進氧化銀還原成銀的氛圍（例如氬氣）下燒結。燒結導電銀墨水所包括之矽藻矽藻殼部分以從氧化銀獲得銀可改良導電銀墨水之導電性，例如因為銀比氧化銀更導電及/或因為可增加銀-銀接觸（例如與銀-氧化銀接觸及/或氧化銀-氧化銀接觸相比）。從氧化銀獲得銀之其他方法亦可適當代替燒結或與燒結組合，包含例如包括化學反應之製程。

**【0237】** 在晶種層上形成奈米結構可包含銀鹽、還原劑以及溶劑。可應用混合步驟、加熱步驟及/或滴定步驟（例如以促進奈米結構生長過程之組分的相互作用）以便在晶種層上形成奈米結構。

**【0238】** 在晶種層上形成奈米結構（例如形成厚銀塗層）之製程的實例包含以下製程：

**【0239】** 將 5 mL 0.0375 M PVP (6,000 MW) 水溶液置於一個注射器中，且將 5 mL 0.094 M AgNO<sub>3</sub> 水溶液置於另一注射器中。將 0.02 g 經洗滌及乾燥之接晶種矽藻與加熱至約 140°C 之 5 mL 乙二

醇混合。使用注射泵以約 0.1 毫升每分鐘 (mL/min) 之速率用銀鹽（例如  $\text{AgNO}_3$ ）及 PVP 溶液滴定矽藻。在滴定完成後，攪拌混合物約 30 分鐘。接著，使用乙醇、水浴超聲波處理以及離心洗滌矽藻（例如洗滌兩次）。

**【0240】** 圖 5D 及圖 5E 展示已在矽藻矽藻殼 60 之表面上形成銀奈米結構 64 之實例的 SEM 影像。圖 5D 及圖 5E 展示具有厚奈米結構化塗層及大表面積之矽藻殼 60。圖 5D 為矽藻殼表面在  $20\text{k}\times$  放大倍率下之 SEM 影像，而圖 5E 展示矽藻殼表面在  $150\text{k}\times$  倍放大倍率下之 SEM 影像。

**【0241】** 適用於  $\text{Ag}$  生長之還原劑的實例包含用於銀無電沈積之常見還原劑。用於銀無電沈積之合適還原劑包含肼、甲醛、葡萄糖、酒石酸鈉、草酸、甲酸、抗壞血酸、乙二醇、其組合及/或類似物。

**【0242】** 合適  $\text{Ag}^+$  鹽及氧化物之實例包含銀鹽。最常用銀鹽可溶於水（例如  $\text{AgNO}_3$ ）。合適銀鹽可包含  $\text{AgNO}_3$  之銨溶液（例如  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_3$ ）。在一些實施例中，可使用任何銀(I)鹽或氧化物（例如可溶及/或不可溶於水）。舉例而言，氧化銀 ( $\text{Ag}_2\text{O}$ )、氯化銀 ( $\text{AgCl}$ )、氟化銀 ( $\text{AgCN}$ )、四氟硼酸銀、六氟磷酸銀、乙硫酸銀、其組合及/或類似物亦可為合適的。

**【0243】** 合適溶劑可包含：水、醇，諸如甲醇、乙醇、N-丙醇（包含 1-丙醇、2-丙醇（異丙醇或 IPA）、1-甲氧基-2-丙醇）、丁醇（包含 1-丁醇、2-丁醇（異丁醇））、戊醇（包含 1-戊醇、2-戊醇、3-戊醇）、己醇（包含 1-己醇、2-己醇、3-己醇）、辛醇、N-辛醇（包含 1-辛醇、2-辛醇、3-辛醇）、四氫糠醇 (THFA)、環己醇、環戊

醇、萜品醇；內酯，諸如丁內酯；醚，諸如甲基乙基醚、乙醚、乙基丙基醚以及聚醚；酮，包含二酮及環酮，諸如環己酮、環戊酮、環庚酮、環辛酮、丙酮、二苯甲酮、乙醯丙酮、苯乙酮、環丙酮、異佛酮、甲基乙基酮；酯，諸如乙酸乙酯、己二酸二甲酯、丙二醇單甲醚乙酸酯、戊二酸二甲酯、丁二酸二甲酯、乙酸甘油酯、羧酸酯；碳酸酯，諸如碳酸丙烯酯；多元醇（或液體多元醇）、甘油以及其他聚合多元醇或二醇類，諸如甘油、二醇、三醇、四醇、五醇、乙二醇、二乙二醇、聚乙二醇、丙二醇、二丙二醇、乙二醇醚、乙二醇醚乙酸酯、1,4-丁二醇、1,2-丁二醇、2,3-丁二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,8-辛二醇、1,2-丙二醇、1,3-丁二醇、1,2-戊二醇、己二醇、對薄荷烷-3,8-二醇、2-甲基-2,4-戊二醇；四甲基脲、N-甲基吡咯啶酮、乙腈、四氫呋喃（THF）、二甲基甲醯胺（DMF）、N-甲基甲醯胺（NMF）、二甲亞砜（DMSO）；亞硫醯氯；硫醯氯、其組合及/或類似物。

**【0244】** 在一些實施例中，溶劑亦可充當還原劑。

#### 製造低成本 UV 可固化銀-矽藻導電墨水之實例方法

**【0245】** 熱可固化銀片及銀奈米粒子導電墨水可購自多個製造商，諸如漢高公司（Henkel Corp.）、普銳公司（Spraylat Corp.）、導電化合物公司（Conductive Compounds, Inc.）、杜邦公司（DuPont, Inc.）、創新材料公司（Creative Materials Corp.）等。更不常見的產品為可用紫外（UV）光固化之銀導電墨水。僅幾個供應商（例如漢高公司）供應所述墨水。UV 可固化銀導電墨水可常常由於關於導電性之每平方公尺高銀裝載量及高成本而極貴。電導率可幾

乎等於以相同濕膜厚度施用之熱固化銀導電墨水的電導率的 5 分之一至 10 分之一。

【0246】明確需要與當前可獲得之 UV 可固化墨水相比具有至少相同或較佳電導率之低成本 UV 可固化銀。一些 UV 可固化銀可能未充分利用墨水中所存在之銀量，因此需要開發與當前 UV 可固化銀墨水相比具有類似或較佳電導率及/或固化率的使用少得多的銀的銀墨水。

【0247】開發 UV 可固化銀之難題可歸因於銀之 UV 吸收性質。在熱固化銀墨水中，藉由使銀片間接觸面積達到最大，具有高縱橫比之銀片可用於產生最高電導率。若將此類銀片與適合於導電墨水之 UV 可固化樹脂系統混合，使用印刷或其他塗佈製程施用於表面且隨後曝露於 UV 光，在 UV 光可散射穿過銀墨水之濕層之前，大部分 UV 光可由銀吸收。銀片之 UV 吸收可妨礙或阻止在濕墨水薄膜中發生 UV 光啓始之聚合（例如妨礙或阻止超出某一深度之濕墨水的 UV 光啓始之聚合）。墨水薄膜之聚合減少可導致銀墨水之不完全固化層，其可能不黏著於基板，例如歸因於銀墨水層之最底層部分未固化且濕潤。較低縱橫比銀粒子可用於 UV 可固化銀墨水中，以便藉由增加穿過所施用銀墨水層之可能光散射路徑的數目而在整個所施用銀墨水層中獲得合適固化。低縱橫比粒子具有減小之表面積，此可減小片間接觸面積且又可相對於在使用高縱橫比片的情況下可能實現的電導率減小固化薄膜之電導率。若此固化問題可得以解決，具有較高電導率之較大縱橫比銀片可用於銀墨水，從而可改良所得銀膜之電導率及/或減少用以獲得高電導率之銀量。

**【0248】** 在一些實施例中，不導電基板（例如矽藻矽藻殼部分，諸如矽藻矽藻殼片）可鍍銀。UV 光可通過矽藻矽藻殼片之本體之一或多個表面上的穿孔。在銀墨水中使用鍍銀矽藻片可促進銀墨水固化，從而允許實現在銀墨水中使用高縱橫比片。在一些實施例中，包括鍍銀矽藻矽藻殼之銀墨水可使得固化銀墨水之電導率能夠增加，而同時降低墨水之成本。

**【0249】** 在一些實施例中，用於銀墨水中之矽藻矽藻殼的部分（例如破碎的矽藻矽藻殼）可經純化且與完整矽藻粒子分離，且矽藻矽藻殼的部分之一或多個表面可用銀無電塗佈，例如根據本文所述之方法。

**【0250】** 矽藻表面可按照孔洞或開口之規則圖案（例如包含約 300 奈米直徑之孔洞）穿孔，即使當塗有銀時亦然。開口可大到足以允許 UV 波長散射穿過塗銀之矽藻粒子。塗銀之破碎的矽藻可包括呈高縱橫比穿孔片形式之碎片。圖 5F 展示塗有 Ag 奈米結構（例如銀奈米結構 64）之矽藻矽藻殼碎片（例如矽藻矽藻殼片 60A）的 SEM 影像。

**【0251】** 在一些實施例中，塗銀之穿孔矽藻片可用於製造 UV-銀墨水，當使用適中厚度之墨水（例如具有約 5 微米至約 15 微米之厚度的銀墨水）時，所述 UV-銀墨水可固化，即使導電粒子具有高縱橫比且因此具有大表面積亦然。藉由增加片間電接觸的數目，矽藻殼片之大表面積可產生極好的片間電導率，從而產生非常導電的墨水，所述墨水實質上僅使用獲得所需薄片電導率所需的量的銀，而其餘體積由便宜的矽藻填充劑材料及 UV 黏合劑樹脂佔據。

**【0252】** 銀奈米結構可覆蓋矽藻殼之實質上所有表面，包含矽藻殼穿孔之內表面，但未阻斷穿孔（例如，穿孔及矽藻殼表面之一或多個表面可鍍有銀奈米結構及/或銀晶種層）。Ag 塗佈之矽藻片中的穿孔可允許 UV 輻射通過矽藻片，從而促進固化至所施用銀墨水薄膜內的較深深度，同時允許電流直接自所述片之一側經由穿孔傳導至另一側。貫穿所述片之傳導路徑的長度減小可減小由銀墨水製成之固化薄膜的總電阻。

**【0253】** 實例 UV 光誘發可聚合墨水調配物可包含下列組分。在一些實施例中，具有矽藻矽藻殼片之銀墨水可藉由組合下列組分來製造，包含例如使在一或多個表面上形成有銀奈米結構的多個矽藻殼部分（例如矽藻殼片）與下列的一或多種其他銀墨水組分組合。可藉由使用 UV 光源固化銀墨水來製造銀薄膜。

**【0254】** 1) 矽藻，多種種類之任一者，鍍（例如其上形成有奈米結構）有約 10 奈米至約 500 奈米厚的 Ag 塗層。Ag 塗層之厚度可視矽藻穿孔之孔徑而定。調配物中之比率可在約 50 重量%與約 80 重量%之間。可使用其片段的實例矽藻種類為直鏈矽藻屬 1。

**【0255】** 2) 對銀具有良好親和性之極性乙烯單體，諸如 N-乙烯基-吡咯啶酮或 N-乙烯基己內醯胺。

**【0256】** 3) 具有良好伸長性質作為流變改質劑且用以改良固化薄膜之可撓性的丙烯酸酯寡聚物。

**【0257】** 4) 作為交聯劑以便經由增加交聯產生更堅韌、更抗溶劑之固化薄膜的一或多個雙官能或三官能丙烯酸酯單體或寡聚物。這些材料可經選擇以充當光起始增效劑，可改良表面固化。實例可包含乙氧基化或丙氧基化己二醇丙烯酸酯，諸如沙多瑪

CD560®；乙氧基化三羥甲基丙烷三丙烯酸酯，可例如以產品碼 SR454®購自沙多瑪；或三聚氰酸三烯丙酯，可例如以產品碼 SR507A®購自沙多瑪。丙烯酸胺增效劑可為選項，且實例可包含沙多瑪 CN371®及沙多瑪 CN373®。

**【0258】** 5) 用以減少起泡且改良濕墨水品質之丙烯酸酯類流動及調平劑（例如合適流動及調平劑可包含 Modaflow 2100®、Modaflow 9200®）。經改良之濕墨水品質又可改良固化銀墨水薄膜品質。

**【0259】** 6) 適於顏料裝載墨水系統之一或多個光起始劑。在一些實施例中，至少一種光起始劑對接近或小於鍍銀矽藻片之平均孔徑的波長敏感，因此 UV 光子可通過孔以便起始所述片下方之聚合及/或散射穿過另一鍍銀矽藻片中之穿孔，從而甚至更深地透入未固化薄膜中以起始其中的聚合。光引發劑之實例可包含 Ciba Irgacure 907®及異丙基硫雜蒽酮（ITX，可以商品名 Speedcure ITX®購自英國拉姆森（Lambson, UK））。

**【0260】** 7) 視情況選用之黏著性促進丙烯酸酯（例如丙烯酸 2-羧基乙基酯）。

**【0261】** 8) 用以降低表面張力且改良片濕潤之視情況選用之濕潤劑（例如 DuPont Capstone FS-30®及 DuPont Capstone FS-31®）。

**【0262】** 9) 用以抑止由銀金屬存在觸發之提前聚合的視情況選用之 UV 穩定劑（例如氫醌及甲基乙基氫醌（MEHQ））。

**【0263】** 10) 視情況選用之低沸點溶劑，用於降低黏度以便促進將銀墨水調配物用於高速塗佈製程，包含諸如柔版印刷、凹板印刷、其組合及/或類似物之製程。

**【0264】** 在一些實施例中，可熱固化包括矽藻矽藻殼部分之銀墨水。在一些實施例中，銀墨水可暴露於熱源。舉例而言，可加熱銀墨水以促進銀墨水之聚合物組分之間的聚合反應。在一些實施例中，銀墨水之熱固化可促進移除溶劑組分。舉例而言，銀墨水可暴露於熱源以使銀墨水之溫度升高超過銀墨水溶劑組分之沸點，從而促進移除溶劑組分。

在矽藻矽藻殼之表面上形成氧化鋅 ( $ZnO$ ) 奈米結構之實例製程

**【0265】** 基板上之  $ZnO$  晶種一般使用噴塗或旋塗膠狀  $ZnO$  或熱分解鋅鹽溶液來沈積。舉例而言，熱分解乙酸鋅前驅體可提供垂直方向上良好對準的  $ZnO$  奈米線。

**【0266】** 從晶種生長  $ZnO$  奈米結構可藉由在鹼性溶液中水解  $Zn$  鹽來實現。所述製程可在室溫下或在較高溫度下進行。微波加熱可顯著加速奈米結構的生長。視生長參數而定，觀察到不同奈米結構（例如，奈米結構之形態可視在晶種層上形成奈米結構期間的一或多個生長條件而定，包含例如生長溫度、加熱型樣、在奈米結構生長期間包含化學添加劑及/或其組合）。舉例而言，化學添加劑可用於獲得所需形態之奈米結構。 $ZnO$  奈米結構亦可經摻雜以控制其半導電性質。

在矽藻矽藻殼之表面上生長  $ZnO$  晶種之實例製程

**【0267】** 1. 構建  $ZnO$  之晶種可藉由將 0.1 g 經純化之矽藻及 10 mL 0.005 M  $Zn(CH_3COO)_2$  (例如鋅供給組分) 乙醇溶液之混合物加熱至約 200°C (例如包含約 175°C 至約 225°C) 直至乾燥來實現。接

ZnO 晶種之矽藻殼表面各在 100k $\times$ 放大倍率下之 SEM 影像展示於圖 5G 及圖 5H 中。圖 5G 及圖 5H 展示在矽藻殼 70 之表面上形成之包括 ZnO 之晶種 72 的 SEM 影像。圖 5G 展示具有包括氧化鋅之晶種 72 之矽藻殼表面在 100 k $\times$ 放大倍率下的 SEM 影像。圖 5H 展示具有包括氧化鋅之晶種 72 之矽藻殼表面在 100 k $\times$ 放大倍率下的 SEM 影像。

在矽藻矽藻殼之接 ZnO 晶種之表面上生長 ZnO 奈米結構之實例製程

**【0268】 2. ZnO 奈米結構生長**是在 0.1 g 接晶種之矽藻殼與 10 mL 0.025 M ZnNO<sub>3</sub>（例如鋅供給組分）及 0.025 M 六亞甲基四胺溶液（例如鹼性溶液）水溶液之混合物中進行。在攪拌板上加熱混合物至約 90°C（例如包含約 80°C 至約 100°C）約兩小時（例如包含約一小時至約三小時），或藉由使用循環加熱程序（例如微波加熱）持續約 10 分鐘（例如包含持續約 5 分鐘至約 30 分鐘），其中樣品是藉由約 500 瓦功率（例如包含約 480 瓦至約 520 瓦）加熱約 2 分鐘（例如包含約 30 秒至約 5 分鐘、約 1 分鐘至約 5 分鐘、約 5 分鐘至約 20 分鐘），且隨後關閉加熱約 1 分鐘（例如包含約 30 秒至約 5 分鐘），之後在 500 瓦下重複加熱。在矽藻殼 70 之內表面及外表面上之所得奈米線 74 展示於圖 5I 及圖 5J 中。圖 5I 展示在矽藻矽藻殼 70 之內表面及外表面上形成之 ZnO 奈米線 74 在 50k $\times$ 放大倍率下的 SEM 影像。在一些實施例中，ZnO 奈米線 74 可在矽藻矽藻殼 70 內部之表面的部分上形成。舉例而言，ZnO 奈米線 74 可在矽藻矽藻殼 70 內部之所有或實質上所有表面上形成。ZnO 5

奈米線 74 可在矽藻矽藻殼 70 之所有或實質上所有內表面及外表面上形成。本申請案之圖式證明了奈米結構（例如 ZnO 奈米線）在矽藻矽藻殼上之生長（包含奈米結構（例如 ZnO 奈米線）在矽藻矽藻殼內部之生長）為可能的。例如與包括僅在基板外側形成之 ZnO 奈米結構的材料（例如墨水或由其印刷之層）相比，使用 ZnO 奈米結構塗佈矽藻矽藻殼之所有或實質上所有面可增加包括塗有 ZnO 奈米結構之矽藻矽藻殼之材料（例如墨水或由其印刷之層）的電導率（例如增加體積電導率及/或薄片電導率）。圖 5J 展示在矽藻矽藻殼 70 之表面上形成之 ZnO 奈米線 74 在 25k $\times$ 放大倍率下的 SEM 影像。當在 100 瓦微波中進行加熱（例如包含約 80 瓦至約 120 瓦；且打開約 2 分鐘，接著關閉約 1 分鐘且重複總共約 10 分鐘之持續時間）時，可在矽藻殼 70 之表面上形成奈米板 76（例如，如圖 5K 中所示）。

**【0269】** 可用於 ZnO 接晶種及奈米結構生長之合適 Zn 鹽之實例包含：乙酸鋅水合物、硝酸鋅六水合物、氯化鋅、硫酸鋅、鋅酸鈉、其組合及/或類似物。

**【0270】** 適用於 ZnO 奈米結構生長之鹼的實例可包含：氫氧化鈉、氫氧化銨、氫氧化鉀、氫氧化四甲銨、氫氧化鋰、六亞甲基四胺、氨溶液、碳酸鈉、乙二胺、其組合及/或類似物。

**【0271】** 適用於形成 ZnO 奈米結構之溶劑的實例包含一或多種醇。本文描述為適用於 Ag 奈米結構生長之溶劑亦可適用於 ZnO 奈米結構形成。

**【0272】** 可用於奈米結構形態控制之添加劑的實例可包含三丁胺、三乙胺、三乙醇胺、二異丙胺、磷酸銨、1,6-己二醇、三乙基

約 10 微米至約 15 微米、以及約 15 微米至約 30 微米。在一些實施例中，分離器之厚度小於約 100 微米、小於約 90 微米、小於約 80 微米、小於約 70 微米、小於約 60 微米、小於約 50 微米、小於約 40 微米、小於約 30 微米、小於約 20 微米、小於約 15 微米、小於約 10 微米、小於約 5 微米、小於約 2 微米、小於約 1 微米，以及包含以上述值作為界線且包含上述值之範圍。分離器 300 之其他厚度亦為可能的。舉例而言，分離器 300 可包括單一層矽藻殼 320，使得分離器 300 之厚度可至少部分視矽藻殼 320 之尺寸(例如最長軸、長度或直徑)而定。

**【0291】** 分離器 300 可包括具有不均一或實質上不均一的形狀、尺寸、孔隙率、表面改質材料及/或結構、其組合及/或類似物之矽藻殼 320。

**【0292】** 在一些實施例中，分離器 300 包括經組態以減小能量儲存裝置 100 之第一電極 140 與第二電極 150 之間之電阻的材料。舉例而言，再參看圖 7，在一些實施例中，分離器 300 包括電解質 340。電解質 340 可包含促進離子物種傳導之任何材料，包含例如包括可在能量儲存裝置 100 之第一電極 140 與第二電極 150 之間輸送之移動離子物種的材料。電解質 340 可包括可形成離子物種之任何化合物，包含(但不限於)硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )、氯化鋰( $\text{LiCl}$ )及/或硫酸鉀( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )。在一些實施例中，電解質 340 包括酸、鹼或鹽。在一些實施例中，電解質 340 包括強酸，包含(但不限於)硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )及/或磷酸( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )，或強鹼，包含(但不限於)氫氧化鈉( $\text{NaOH}$ )及/或氫氧化鉀( $\text{KOH}$ )。在一些實施例中，電解質 340 包括具有一或多個已溶解之離子物種的溶劑。舉例而言，

電解質 340 可包括有機溶劑。在一些實施例中，電解質 340 包含離子液體或有機液體鹽。電解質 340 可包括具有離子液體之水溶液。電解質 340 可包括具有離子液體之鹽溶液。在一些實施例中，包括離子液體之電解質 340 包含丙二醇及/或乙腈。在一些實施例中，包括離子液體之電解質 340 包含酸或鹼。舉例而言，電解質 340 可包括與氯氧化鉀組合之離子液體（例如添加 0.1 M KOH 溶液）。

**【0293】** 在一些實施例中，分離器 300 包括聚合物 360，諸如聚合凝膠。聚合物 360 可與電解質 340 組合。合適聚合物 360 可顯示出電學及電化學穩定性，例如，當在電化學反應期間與電解質 340 組合及/或經受電勢（例如在能量儲存裝置 100 之電極 140、150 之間存在的電勢）時維持完整性及/或功能性。分離器 300 可包含聚合物 360，所述聚合物包括例如聚(偏二氟乙烯)、聚(環氧乙烷)、聚(丙烯腈)、聚(乙烯醇)、聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚(氯乙烯)、聚[雙(甲氧基乙氧基乙氧基磷氮烯)]、聚(乙烯砜)、聚(乙烯吡咯啶酮)、聚(環氧丙烷)、其共聚物、其組合及/或類似物。在一些實施例中，聚合物 360 包括聚四氟乙烯 (PTFE)，包含例如包括 PTFE 於水中之分散液（例如 Teflon<sup>®</sup>水性懸浮液）的水溶液。在一些實施例中，電解質 340 經固定於聚合物 360 內部或上方以形成固體或半固體物質。在一些所述實施例中，電解質 340 經固定於聚合凝膠上方或內部，例如以形成電解凝膠。

**【0294】** 在一些實施例中，分離器 300 視情況包括黏著劑材料，以便能夠改良在能量儲存裝置 100 之分離器 300 內及/或分離器 300 與第一電極 140 及/或第二電極 150 之間的矽藻殼 320 的黏著

37. 如實施例 34 或 35 所述之裝置，其中所述導電填充劑包括石墨碳。

38. 如實施例 35 至 37 中任一項所述之裝置，其中所述導電填充劑包括石墨烯。

39. 如實施例 1 至 38 中任一項所述之裝置，其中所述第一電極包括黏著性材料。

40. 如實施例 1 至 39 中任一項所述之裝置，其中所述第二電極包括黏著性材料。

41. 如實施例 1 至 40 中任一項所述之裝置，其中所述分離器包括黏著性材料。

42. 如實施例 39 至 41 中任一項所述之裝置，其中所述黏著性材料包括聚合物。

43. 如實施例 1 至 42 中任一項所述之裝置，其中所述分離器包括電解質。

44. 如實施例 43 所述之裝置，其中所述電解質包括離子液體、酸、鹼以及鹽中之至少一者。

45. 如實施例 43 或 44 所述之裝置，其中所述電解質包括電解凝膠。

46. 如實施例 1 至 45 中任一項所述之裝置，更包括與所述第一電極電連通之第一集電器。

47. 如實施例 1 至 46 中任一項所述之裝置，更包括與所述第二電極電連通之第二集電器。

48. 如實施例 1 至 47 中任一項所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括電容器。

49. 如實施例 1 至 47 中任一項所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括超級電容器。

50. 如實施例 1 至 47 中任一項所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括電池。

51. 一種系統，包括多個堆疊在彼此頂部上之如實施例 1 至 50 中任一項所述之裝置。

52. 一種電裝置，包括如實施例 1 至 50 中任一項所述之裝置或如實施例 51 所述之系統。

53. 一種用於印刷能量儲存裝置之膜，所述膜包括矽藻殼。

54. 如實施例 53 所述之膜，其中所述矽藻殼具有實質上均一的性質。

55. 如實施例 54 所述之膜，其中所述性質包括形狀。

56. 如實施例 55 所述之膜，其中所述形狀包括圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。

57. 如實施例 54 至 56 中任一項所述之膜，其中所述性質包括尺寸。

58. 如實施例 57 所述之膜，其中所述尺寸包括直徑。

59. 如實施例 58 所述之膜，其中所述直徑在約 2 微米至約 10 微米之範圍內。

60. 如實施例 54 至 59 中任一項所述之膜，其中所述尺寸包括長度。

61. 如實施例 60 所述之膜，其中所述長度在約 5 微米至約 20 微米之範圍內。

62. 如實施例 54 至 61 中任一項所述之膜，其中所述尺寸包

87. 如實施例 53 至 86 中任一項所述之膜，更包括黏著性材料。

88. 如實施例 87 所述之膜，其中所述黏著性材料包括聚合物。

89. 如實施例 53 至 88 中任一項所述之膜，更包括電解質。

90. 如實施例 89 所述之膜，其中所述電解質包括離子液體、酸、鹼以及鹽中之至少一者。

91. 如實施例 89 或 90 所述之膜，其中所述電解質包括電解凝膠。

92. 一種能量儲存裝置，包括如實施例 53 至 91 中任一項所述之膜。

93. 如實施例 92 所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括電容器。

94. 如實施例 92 所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括超級電容器。

95. 如實施例 92 所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括電池。

96. 一種系統，包括多個堆疊在彼此頂部上之如實施例 92 至 95 中任一項所述之裝置。

97. 一種電裝置，包括如實施例 92 至 95 中任一項所述之裝置或如實施例 96 所述之系統。

98. 一種製造印刷能量儲存裝置之方法，所述方法包括：

形成第一電極；

形成第二電極；以及

在所述第一電極與所述第二電極之間形成分離器，所述第一

電極、所述第二電極以及所述分離器中之至少一者包含矽藻殼。

99. 如實施例 98 所述之方法，其中所述分離器包含所述矽藻殼。

100. 如實施例 99 所述之方法，其中形成所述分離器包含形成包含所述矽藻殼之分散液。

101. 如實施例 99 或 100 所述之方法，其中形成所述分離器包含網版印刷所述分離器。

102. 如實施例 99 所述之方法，其中形成所述分離器包含形成包含所述矽藻殼之膜。

103. 如實施例 102 所述之方法，其中形成所述分離器包含捲軸式印刷包含所述分離器之膜。

104. 如實施例 98 至 103 中任一項所述之方法，其中所述第一電極包含所述矽藻殼。

105. 如實施例 104 所述之方法，其中形成所述第一電極包含形成包含所述矽藻殼之分散液。

106. 如實施例 104 或 105 所述之方法，其中形成所述第一電極包含網版印刷所述第一電極。

107. 如實施例 104 所述之方法，其中形成所述第一電極包含形成包含所述矽藻殼之膜。

108. 如實施例 107 所述之方法，其中形成所述第一電極包含捲軸式印刷包含所述第一電極之膜。

109. 如實施例 98 至 108 中任一項所述之方法，其中所述第二電極包含所述矽藻殼。

110. 如實施例 109 所述之方法，其中形成所述第二電極包含

形成包含所述矽藻殼之分散液。

111. 如實施例 109 或 110 所述之方法，其中形成所述第二電極包含網版印刷所述第二電極。

112. 如實施例 109 所述之方法，其中形成所述第二電極包含形成包含所述矽藻殼之膜。

113. 如實施例 112 所述之方法，其中形成所述第二電極包含捲軸式印刷包含所述第二電極之膜。

114. 如實施例 98 至 113 中任一項所述之方法，更包括根據性質揀選所述矽藻殼。

115. 如實施例 114 所述之方法，其中所述性質包括形狀、尺寸、材料以及孔隙率中之至少一者。

116. 一種墨水，包括：

溶液；及

分散於所述溶液中之矽藻殼。

117. 如實施例 116 所述之墨水，其中所述矽藻殼具有實質上均一的性質。

118. 如實施例 117 所述之墨水，其中所述性質包括形狀。

119. 如實施例 118 所述之墨水，其中所述形狀包括圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。

120. 如實施例 117 至 119 中任一項所述之墨水，其中所述性質包括尺寸。

121. 如實施例 120 所述之墨水，其中所述尺寸包括直徑。

122. 如實施例 121 所述之墨水，其中所述直徑在約 2 微米至約 10 微米之範圍內。

123. 如實施例 117 至 122 中任一項所述之墨水，其中所述尺寸包括長度。

124. 如實施例 123 所述之墨水，其中所述長度在約 5 微米至約 20 微米之範圍內。

125. 如實施例 117 至 124 中任一項所述之墨水，其中所述尺寸包括最長軸。

126. 如實施例 125 所述之墨水，其中所述最長軸在約 5 微米至約 20 微米之範圍內。

127. 如實施例 117 至 126 中任一項所述之墨水，其中所述性質包括孔隙率。

128. 如實施例 127 所述之墨水，其中所述孔隙率在約 20% 至約 50% 之範圍內。

129. 如實施例 117 至 128 中任一項所述之墨水，其中所述性質包括機械強度。

130. 如實施例 116 至 129 中任一項所述之墨水，其中所述矽藻殼包括表面改質結構。

131. 如實施例 130 所述之墨水，其中所述表面改質結構包含導電材料。

132. 如實施例 131 所述之墨水，其中所述導電材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。

133. 如實施例 130 至 132 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質結構包含氧化鋅 ( $ZnO$ )。

134. 如實施例 130 至 133 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質結構包含半導體。

135. 如實施例 134 所述之墨水，其中所述半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。

136. 如實施例 130 至 135 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質結構包括奈米線、奈米粒子以及具有重複狀之結構中之至少一者。

137. 如實施例 130 至 136 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質結構在所述矽藻殼之外表面上。

138. 如實施例 130 至 137 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質結構在所述矽藻殼之內表面上。

139. 如實施例 116 至 138 中任一項所述之墨水，其中所述矽藻殼包括表面改質材料。

140. 如實施例 139 所述之墨水，其中表面改質材料包含導電材料。

141. 如實施例 140 所述之墨水，其中所述導電材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。

142. 如實施例 139 至 141 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質材料包含氧化鋅 ( $ZnO$ )。

143. 如實施例 139 至 142 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質材料包含半導體。

144. 如實施例 143 所述之墨水，其中所述半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。

145. 如實施例 139 至 144 中任一項所述之墨水，其中所述表面改質材料在所述矽藻殼之外表面上。

146. 如實施例 139 至 145 中任一項所述之墨水，其中所述表

面改質材料在所述矽藻殼之內表面上。

147. 如實施例 116 至 146 中任一項所述之墨水，更包括導電填充劑。

148. 如實施例 147 所述之墨水，其中所述導電填充劑包括石墨碳。

149. 如實施例 147 或 148 所述之墨水，其中所述導電填充劑包括石墨烯。

150. 如實施例 116 至 149 中任一項所述之墨水，更包括黏著性材料。

151. 如實施例 150 所述之墨水，其中所述黏著性材料包括聚合物。

152. 如實施例 116 至 151 中任一項所述之墨水，更包括電解質。

153. 如實施例 152 所述之墨水，其中所述電解質包括離子液體、酸、鹼以及鹽中之至少一者。

154. 如實施例 152 或 153 所述之墨水，其中所述電解質包括電解凝膠。

155. 一種裝置，包括如實施例 116 至 154 中任一項所述之墨水。

156. 如實施例 155 所述之裝置，其中所述裝置包括印刷能量儲存裝置。

157. 如實施例 156 所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括電容器。

158. 如實施例 156 所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置

包括超級電容器。

159. 如實施例 156 所述之裝置，其中所述印刷能量儲存裝置包括電池。

160. 一種提取矽藻矽藻殼部分之方法，所述方法包括：  
 將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中；  
 移除有機污染物及無機污染物中之至少一者；  
 將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中，所述界面活性劑減少所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結；以及  
 使用盤式堆疊離心機提取具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。

161. 如實施例 160 所述之方法，其中所述至少一個共同特性包括尺寸、形狀、材料以及破碎程度中之至少一者。

162. 如實施例 161 所述之方法，其中所述尺寸包括長度及直徑中之至少一者。

163. 如實施例 160 至 162 中任一項所述之方法，其中固體混合物包括所述多個矽藻矽藻殼部分。

164. 如實施例 163 所述之方法，更包括減小所述固體混合物之粒子尺寸。

165. 如實施例 164 所述之方法，其中減小所述固體混合物之粒子尺寸是在將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中之前進行。

166. 如實施例 164 或 165 所述之方法，其中減小所述粒子尺寸包括研磨所述固體混合物。

167. 如實施例 166 所述之方法，其中研磨所述固體混合物包

括將研鉢及研杵、罐磨機以及碎石機中之至少一者應用於所述固體混合物。

168. 如實施例 163 至 167 中任一項所述之方法，更包括提取所述固體混合物中之最長組分尺寸大於所述多個矽藻矽藻殼部分之最長矽藻殼部分尺寸之組分。

169. 如實施例 168 所述之方法，其中提取所述固體混合物之所述組分包括篩分所述固體混合物。

170. 如實施例 169 所述之方法，其中篩分所述固體混合物包括使用具有約 15 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理所述固體混合物。

171. 如實施例 169 所述之方法，其中篩分所述固體混合物包括使用具有約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理所述固體混合物。

172. 如實施例 160 至 171 中任一項所述之方法，更包括揀選所述多個矽藻矽藻殼部分以使第一矽藻矽藻殼部分與第二矽藻矽藻殼部分分離，所述第一矽藻矽藻殼部分具有較大的最長尺寸。

173. 如實施例 172 所述之方法，其中所述第一矽藻矽藻殼部分包括多個未破碎的矽藻矽藻殼部分。

174. 如實施例 172 或 173 所述之方法，其中所述第二矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

175. 如實施例 172 至 174 中任一項所述之方法，其中揀選包括過濾所述多個矽藻矽藻殼部分。

176. 如實施例 175 所述之方法，其中過濾包括干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

包括鯨蠟醇、硬脂醇、鯨蠟硬脂醇、油醇、聚氧乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚氧乙二醇辛酚醚、辛酚乙氧基化物 (Triton X-100<sup>TM</sup>)、壬苯醇醚-9、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯以及泊洛沙姆中之至少一者。

198. 如實施例 160 至 197 中任一項所述之方法，更包括將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中。

199. 如實施例 198 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中是在將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中之前進行。

200. 如實施例 198 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中是在將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中之後進行。

201. 如實施例 198 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中與將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中至少部分同時發生。

202. 如實施例 198 至 201 中任一項所述之方法，其中所述添加劑組分包括氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨以及氫氧化鈉中之至少一者。

203. 如實施例 160 至 202 中任一項所述之方法，其中分散所述多個矽藻矽藻殼部分包括獲得包括約 1 重量百分比至約 5 重量百分比之所述多個矽藻矽藻殼部分之分散液。

204. 如實施例 160 至 203 中任一項所述之方法，其中移除所述有機污染物包括在漂白劑存在下加熱所述多個矽藻矽藻殼部分。

205. 如實施例 204 所述之方法，其中所述漂白劑包括過氧化氫及硝酸中之至少一者。

206. 如實施例 205 所述之方法，其中加熱包括在包括範圍為約 10 體積百分比至約 20 體積百分比之量的過氧化氫的溶液中加熱所述多個矽藻矽藻殼部分。

207. 如實施例 204 至 206 中任一項所述之方法，其中加熱包括加熱所述多個矽藻矽藻殼部分約 5 分鐘至約 15 分鐘之持續時間。

208. 如實施例 160 至 207 中任一項所述之方法，其中移除所述有機污染物包括將所述多個矽藻矽藻殼部分退火。

209. 如實施例 160 至 208 中任一項所述之方法，其中移除所述無機污染物包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合。

210. 如實施例 209 所述之方法，其中所述組合包括將所述多個矽藻矽藻殼部分混合於包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸的溶液中。

211. 如實施例 210 所述之方法，其中所述混合持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

212. 一種提取矽藻矽藻殼部分之方法，所述方法包括：  
使用盤式堆疊離心機提取具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。

213. 如實施例 212 所述之方法，更包括將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中。

214. 如實施例 212 或 213 所述之方法，更包括移除有機污染

述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中。

254. 如實施例 253 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中是在將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中之前進行。

255. 如實施例 253 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中是在將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中之後進行。

256. 如實施例 253 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中與將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中至少部分同時發生。

257. 如實施例 253 至 256 中任一項所述之方法，其中所述添加劑組分包括氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨以及氫氧化鈉中之至少一者。

258. 如實施例 213 至 257 中任一項所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中包括獲得包括約 1 重量百分比至約 5 重量百分比之所述多個矽藻矽藻殼部分之分散液。

259. 如實施例 214 至 258 中任一項所述之方法，其中移除所述有機污染物包括在漂白劑存在下加熱所述多個矽藻矽藻殼部分。

260. 如實施例 259 所述之方法，其中所述漂白劑包括過氧化氫及硝酸中之至少一者。

261. 如實施例 260 所述之方法，其中加熱包括在包括範圍為約 10 體積百分比至約 20 體積百分比之量的過氧化氫的溶液中加熱所述多個矽藻矽藻殼部分。

262. 如實施例 259 至 261 中任一項所述之方法，其中加熱包括加熱所述多個矽藻矽藻殼部分約 5 分鐘至約 15 分鐘之持續時間。

263. 如實施例 214 至 262 中任一項所述之方法，其中移除所述有機污染物包括將所述多個矽藻矽藻殼部分退火。

264. 如實施例 214 至 263 中任一項所述之方法，其中移除所述無機污染物包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合。

265. 如實施例 264 所述之方法，其中組合包括將所述多個矽藻矽藻殼部分混合於包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸的溶液中。

266. 如實施例 265 所述之方法，其中所述混合持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

267. 一種提取矽藻矽藻殼部分之方法，所述方法包括：使用界面活性劑分散多個矽藻矽藻殼部分，所述界面活性劑減少所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

268. 如實施例 267 所述之方法，更包括使用盤式堆疊離心機提取具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。

269. 如實施例 267 或 268 所述之方法，更包括將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中。

270. 如實施例 267 至 269 中任一項所述之方法，更包括移除有機污染物及無機污染物中之至少一者。

271. 如實施例 267 至 270 中任一項所述之方法，其中所述至少一個共同特性包括尺寸、形狀、材料以及破碎程度中之至少一

者。

272. 如實施例 271 所述之方法，其中所述尺寸包括長度及直徑中之至少一者。

273. 如實施例 267 至 272 中任一項所述之方法，其中固體混合物包括所述多個矽藻矽藻殼部分。

274. 如實施例 273 所述之方法，更包括減小所述固體混合物之粒子尺寸。

275. 如實施例 274 所述之方法，其中減小所述固體混合物之粒子尺寸是在將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中之前進行。

276. 如實施例 274 或 275 所述之方法，其中減小所述粒子尺寸包括研磨所述固體混合物。

277. 如實施例 276 所述之方法，其中研磨所述固體混合物包括將研鉢及研杵、罐磨機以及碎石機中之至少一者應用於所述固體混合物。

278. 如實施例 273 至 277 中任一項所述之方法，更包括提取所述固體混合物之最長組分尺寸大於所述多個矽藻矽藻殼部分之最長矽藻殼部分尺寸之組分。

279. 如實施例 278 所述之方法，其中提取所述固體混合物之所述組分包括篩分所述固體混合物。

280. 如實施例 279 所述之方法，其中篩分所述固體混合物包括使用具有約 15 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理所述固體混合物。

281. 如實施例 279 所述之方法，其中篩分所述固體混合物包

括使用具有約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理所述固體混合物。

282. 如實施例 267 至 281 中任一項所述之方法，更包括揀選所述多個矽藻矽藻殼部分以使第一矽藻矽藻殼部分與第二矽藻矽藻殼部分分離，所述第一矽藻矽藻殼部分具有較大最長尺寸。

283. 如實施例 282 所述之方法，其中所述第一矽藻矽藻殼部分包括多個未破碎的矽藻矽藻殼部分。

284. 如實施例 282 或 283 所述之方法，其中所述第二矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

285. 如實施例 282 至 284 中任一項所述之方法，其中揀選包括過濾所述多個矽藻矽藻殼部分。

286. 如實施例 285 所述之方法，其中過濾包括干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

287. 如實施例 286 所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括攪拌。

288. 如實施例 286 或 287 所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括震盪。

289. 如實施例 286 至 288 中任一項所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括起泡。

290. 如實施例 285 至 289 中任一項所述之方法，其中過濾包括將篩子應用於所述多個矽藻矽藻殼部分。

291. 如實施例 290 所述之方法，其中所述篩子具有約 5 微米至約 10 微米之目徑。

292. 如實施例 290 所述之方法，其中所述篩子具有約 7 微米

述微波功率。

329. 如實施例 327 或 328 所述之方法，其中交替包括交替所述微波功率持續約 30 分鐘。

330. 如實施例 327 或 328 所述之方法，其中交替包括交替所述微波功率持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

331. 如實施例 322 至 330 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括使所述矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液組合。

332. 如實施例 331 所述之方法，其中所述晶種層溶液包括所述第一銀供給組分及晶種層還原劑。

333. 如實施例 332 所述之方法，其中所述晶種層還原劑為晶種層溶劑。

334. 如實施例 333 所述之方法，其中所述晶種層還原劑及所述晶種層溶劑包括聚乙二醇。

335. 如實施例 331 所述之方法，其中所述晶種層溶液包括所述第一銀供給組分、晶種層還原劑以及晶種層溶劑。

336. 如實施例 331 至 335 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層更包括使所述矽藻矽藻殼部分與所述晶種層溶液混合。

337. 如實施例 336 所述之方法，其中混合包括超音波處理。

338. 如實施例 337 所述之方法，其中所述晶種層還原劑包括 N,N-二甲基甲醯胺，所述第一銀供給組分包括硝酸銀，且所述晶種層溶劑包括水及聚乙烯吡咯啶酮中之至少一者。

339. 如實施例 322 至 338 中任一項所述之方法，其中形成所述奈米結構包括使所述矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組

合。

340. 如實施例 339 所述之方法，其中形成所述奈米結構更包括在使所述矽藻矽藻殼部分與所述奈米結構形成還原劑組合後，加熱所述矽藻矽藻殼部分。

341. 如實施例 340 所述之方法，其中加熱包括加熱至約 120°C 至約 160°C 之溫度。

342. 如實施例 340 或 341 所述之方法，其中形成所述奈米結構更包括使用包括奈米結構形成溶劑及第二銀供給組分之滴定溶液滴定所述矽藻矽藻殼部分。

343. 如實施例 342 所述之方法，其中形成所述奈米結構更包括在使用所述滴定溶液滴定所述矽藻矽藻殼部分後混合。

344. 如實施例 339 至 343 中任一項所述之方法，其中所述晶種層還原劑及所述奈米結構形成還原劑中之至少一者包括肼、甲醛、葡萄糖、酒石酸鈉、草酸、甲酸、抗壞血酸以及乙二醇中之至少一者。

345. 如實施例 342 至 344 中任一項所述之方法，其中所述第一銀供給組分及所述第二銀供給組分中之至少一者包括銀鹽及氧化銀中之至少一者。

346. 如實施例 345 所述之方法，其中所述銀鹽包括硝酸銀及氨硝酸銀、氯化銀 (AgCl)、氰化銀 (AgCN)、四氟硼酸銀、六氟磷酸銀以及乙硫酸銀中之至少一者。

347. 如實施例 322 至 346 中任一項所述之方法，其中形成所述奈米結構是在減少氧化物形成之環境中。

348. 如實施例 347 所述之方法，其中所述環境包括氬氣氛圍。

349. 如實施例 342 至 348 中任一項所述之方法，其中所述晶種層溶劑及所述奈米結構形成溶劑中之至少一者包括丙二醇、水、甲醇、乙醇、1-丙醇、2-丙醇、1-甲氧基-2-丙醇、1-丁醇、2-丁醇、1-戊醇、2-戊醇、3-戊醇、1-己醇、2-己醇、3-己醇、辛醇、1-辛醇、2-辛醇、3-辛醇、四氫糠醇、環己醇、環戊醇、萜品醇、丁內酯；甲基乙基醚、乙醚、乙基丙基醚、聚醚、二酮、環己酮、環戊酮、環庚酮、環辛酮、內酮、二苯甲酮、乙醯丙酮、苯乙酮、環丙酮、異佛酮、甲基乙基酮、乙酸乙酯、己二酸二甲酯、丙二醇單甲醚乙酸酯、戊二酸二甲酯、丁二酸二甲酯、乙酸甘油酯、羧酸酯、碳酸丙烯酯、甘油、二醇、三醇、四醇、五醇、乙二醇、二乙二醇、聚乙二醇、丙二醇、二丙二醇、乙二醇醚、乙二醇醚乙酸酯、1,4-丁二醇、1,2-丁二醇、2,3-丁二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,8-辛二醇、1,2-丙二醇、1,3-丁二醇、1,2-戊二醇、己二醇、對薄荷烷-3,8-二醇、2-甲基-2,4-戊二醇、四甲基脲、N-甲基吡咯啶酮、乙腈、四氫呋喃、二甲基甲醯胺、N-甲基甲醯胺、二甲亞碸、亞硫醯氯以及硫醯氯中之至少一者。

350. 如實施例 322 至 349 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分包括破碎的矽藻矽藻殼部分。

351. 如實施例 322 至 349 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分包括未破碎的矽藻矽藻殼部分。

352. 如實施例 322 至 351 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分是經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。

353. 如實施例 352 所述之方法，其中所述製程包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中

之至少一者。

354. 一種在矽藻矽藻殼部分上形成鋅氧化物奈米結構之方法，所述方法包括：

在所述矽藻矽藻殼部分之表面上形成鋅氧化物晶種層；及  
在所述鋅氧化物晶種層上形成奈米結構。

355. 如實施例 354 所述之方法，其中所述奈米結構包括奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

356. 如實施例 354 或 355 所述之方法，其中所述奈米結構包括鋅氧化物。

357. 如實施例 354 至 356 中任一項所述之方法，其中形成所述鋅氧化物晶種層包括加熱第一鋅供給組分及所述矽藻矽藻殼部分。

358. 如實施例 357 所述之方法，其中加熱所述第一鋅供給組分及所述矽藻矽藻殼部分包括加熱至範圍為約 175°C 至約 225°C 之溫度。

359. 如實施例 354 至 358 中任一項所述之方法，其中形成所述奈米結構包括在包括第二鋅供給組分之奈米結構形成溶液存在下，將加熱方案應用於具有所述鋅氧化物晶種層之所述矽藻矽藻殼部分。

360. 如實施例 359 所述之方法，其中所述加熱方案包括加熱至奈米結構形成溫度。

361. 如實施例 360 所述之方法，其中所述奈米結構形成溫度為約 80°C 至約 100°C。

362. 如實施例 360 或 361 所述之方法，其中所述加熱持續約一小時至約三小時。

363. 如實施例 359 至 362 中任一項所述之方法，其中所述加熱方案包括應用循環加熱程序。

364. 如實施例 363 所述之方法，其中所述循環加熱程序包括在總循環加熱持續時間內，將微波加熱應用於具有所述鋅氧化物晶種層之所述矽藻矽藻殼部分維持加熱持續時間且隨後關閉所述微波加熱維持冷卻持續時間。

365. 如實施例 364 所述之方法，其中所述加熱持續時間為約 1 分鐘至約 5 分鐘。

366. 如實施例 364 或 365 所述之方法，其中所述冷卻持續時間為約 30 秒至約 5 分鐘。

367. 如實施例 364 至 366 中任一項所述之方法，其中所述總循環加熱持續時間為約 5 分鐘至約 20 分鐘。

368. 如實施例 364 至 367 中任一項所述之方法，其中應用所述微波加熱包括應用約 480 瓦至約 520 瓦之微波功率。

369. 如實施例 364 至 367 中任一項所述之方法，其中應用所述微波加熱包括應用約 80 瓦至約 120 瓦之微波功率。

370. 如實施例 359 至 369 中任一項所述之方法，其中所述第一鋅供給組分及所述第二鋅供給組分中之至少一者包括乙酸鋅、乙酸鋅水合物、硝酸鋅、硝酸鋅六水合物、氯化鋅、硫酸鋅以及鋅酸鈉中之至少一者。

371. 如實施例 359 至 370 中任一項所述之方法，其中所述奈米結構形成溶液包括鹼。

372. 如實施例 371 所述之方法，其中所述鹼包括氫氧化鈉、氫氧化銨、氫氧化鉀、氫氧化四甲銨、氫氧化鋰、六亞甲基四胺、氨溶液、碳酸鈉以及乙二胺中之至少一者。

373. 如實施例 354 至 372 中任一項所述之方法，其中形成所述奈米結構更包括添加添加劑組分。

374. 如實施例 373 所述之方法，其中所述添加劑組分包括三丁胺、三乙胺、三乙醇胺、二異丙胺、磷酸銨、1,6-己二醇、三乙基二乙醇、異丙胺、環己胺、正丁胺、氯化銨、六亞甲基四胺、乙二醇、乙醇胺、聚乙烯醇、聚乙二醇、十二烷基硫酸鈉、溴化十六烷基三甲銨以及尿素中之至少一者。

375. 如實施例 359 至 374 中任一項所述之方法，其中所述奈米結構形成溶液及鋅氧化物晶種層形成溶液中之至少一者包括溶劑，所述溶劑包括丙二醇、水、甲醇、乙醇、1-丙醇、2-丙醇、1-甲氧基-2-丙醇、1-丁醇、2-丁醇、1-戊醇、2-戊醇、3-戊醇、1-己醇、2-己醇、3-己醇、辛醇、1-辛醇、2-辛醇、3-辛醇、四氫糠醇、環己醇、環戊醇、萜品醇、丁內酯；甲基乙基醚、乙醚、乙基丙基醚、聚醚、二酮、環己酮、環戊酮、環庚酮、環辛酮、丙酮、二苯甲酮、乙醯丙酮、苯乙酮、環丙酮、異佛酮、甲基乙基酮、乙酸乙酯、己二酸二甲酯、丙二醇單甲醚乙酸酯、戊二酸二甲酯、丁二酸二甲酯、乙酸甘油酯、羧酸酯、碳酸丙烯酯、甘油、二醇、三醇、四醇、五醇、乙二醇、二乙二醇、聚乙二醇、丙二醇、二丙二醇、乙二醇醚、乙二醇醚乙酸酯、1,4-丁二醇、1,2-丁二醇、2,3-丁二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,8-辛二醇、1,2-丙二醇、1,3-丁二醇、1,2-戊二醇、己二醇、對薄荷烷-3,8-二

醇、2-甲基-2,4-戊二醇、四甲基脲、N-甲基吡咯啶酮、乙腈、四氢呋喃、二甲基甲醯胺、N-甲基甲醯胺、二甲亞砜、亞硫醯氯以及硫醯氯中之至少一者。

376. 如實施例 354 至 375 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分包括破碎的矽藻矽藻殼部分。

377. 如實施例 354 至 375 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分包括未破碎的矽藻矽藻殼部分。

378. 如實施例 354 至 375 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分是經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。

379. 如實施例 378 所述之方法，其中所述製程包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

380. 一種在矽藻矽藻殼部分上形成碳奈米結構之方法，所述方法包括：

在所述矽藻矽藻殼部分之表面上形成金屬晶種層；及  
在所述晶種層上形成碳奈米結構。

381. 如實施例 380 所述之方法，其中所述碳奈米結構包括碳奈米管。

382. 如實施例 381 所述之方法，其中所述碳奈米管包括單壁碳奈米管及多壁碳奈米管中之至少一者。

383. 如實施例 380 至 382 中任一項所述之方法，其中形成所述金屬晶種層包括噴塗所述矽藻矽藻殼部分之表面。

384. 如實施例 380 至 383 中任一項所述之方法，其中形成所述金屬晶種層包括將所述矽藻矽藻殼部分之表面引入包括所述金

屬之液體、包括所述金屬之氣體以及包括金屬之固體中之至少一者中。

385. 如實施例 380 至 384 中任一項所述之方法，其中形成所述碳奈米結構包括使用化學氣相沈積。

386. 如實施例 380 至 385 中任一項所述之方法，其中形成所述碳奈米結構包括在將所述矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成碳氣體後，將所述矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成還原氣體。

387. 如實施例 380 至 385 中任一項所述之方法，其中形成所述碳奈米結構包括在將所述矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成碳氣體之前，將所述矽藻矽藻殼部分暴露於奈米結構形成還原氣體。

388. 如實施例 380 至 385 中任一項所述之方法，其中形成所述碳奈米結構包括將所述矽藻矽藻殼部分暴露於包括奈米結構形成還原氣體及奈米結構形成碳氣體之奈米結構形成氣體混合物。

389. 如實施例 388 所述之方法，其中所述奈米結構形成氣體混合物更包括中性氣體。

390. 如實施例 389 所述之方法，其中所述中性氣體包括氰氣。

391. 如實施例 380 至 390 中任一項所述之方法，其中所述金屬包括鎳、鐵、鈷、鈷-鉬雙金屬、銅、金、銀、鉑、鈀、錳、鋁、鎂、鉻、鎢、鋁-鐵-鉬、五羰基鐵、硝酸鐵(III)六水合物、氯化鈷(II)六水合物、鉬酸銨四水合物、二氯二氧化鉬(VI)以及氧化鋁奈米粉末中之至少一者。

392. 如實施例 286 至 391 中任一項所述之方法，其中所述奈米結構形成還原氣體包括氮氣、氮氣以及氰氣中之至少一者。

393. 如實施例 286 至 392 中任一項所述之方法，其中所述奈米結構形成碳氣體包括乙炔、乙烯、乙醇、甲烷、碳氧化物以及苯中之至少一者。

394. 如實施例 380 至 393 中任一項所述之方法，其中形成所述金屬晶種層包括形成銀晶種層。

395. 如實施例 394 所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括在所述矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀奈米結構。

396. 如實施例 380 至 395 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分包括破碎的矽藻矽藻殼部分。

397. 如實施例 380 至 395 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分包括未破碎的矽藻矽藻殼部分。

398. 如實施例 380 至 397 中任一項所述之方法，其中所述矽藻矽藻殼部分是經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。

399. 如實施例 398 所述之方法，其中所述製程包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

400. 一種製造銀墨水之方法，所述方法包括：

組合紫外光敏感組分及多個矽藻矽藻殼部分，在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

401. 如實施例 400 所述之方法，更包括在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀晶種層。

402. 如實施例 400 或 401 所述之方法，更包括在所述晶種層上形成所述銀奈米結構。

403. 如實施例 400 至 402 中任一項所述之方法，其中所述多

個矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

404. 如實施例 400 至 403 中任一項所述之方法，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個矽藻矽藻殼片。

405. 如實施例 400 至 404 中任一項所述之方法，其中所述銀墨水在固化後可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中。

406. 如實施例 400 至 405 中任一項所述之方法，其中所述多個穿孔中之至少一者包括約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。

407. 如實施例 400 至 406 中任一項所述之方法，其中所述銀奈米結構包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。

408. 如實施例 400 至 407 中任一項所述之方法，其中所述銀墨水包括在約 50 重量百分比至約 80 重量百分比之範圍內之量的矽藻矽藻殼。

409. 如實施例 401 至 408 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括在所述多個穿孔內之表面上形成所述銀晶種層，以形成多個鍍銀晶種之穿孔。

410. 如實施例 401 至 409 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括在所述多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成所述銀晶種層。

411. 如實施例 402 至 410 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構包括在所述多個穿孔內之表面上形成所述銀奈米結構，以形成多個鍍銀奈米結構之穿孔。

412. 如實施例 402 至 411 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構包括在所述多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成所述銀奈米結構。

413. 如實施例 400 至 412 中任一項所述之方法，其中所述紫外光敏感組分對波長比所述多個穿孔之尺寸短的光輻射敏感。

414. 如實施例 411 至 413 中任一項所述之方法，其中所述紫外光敏感組分對波長比所述多個鍍銀晶種之穿孔及所述多個鍍銀奈米結構之穿孔中的至少一者的尺寸短的光輻射敏感。

415. 如實施例 400 至 414 中任一項所述之方法，其中使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與光起始增效劑組合。

416. 如實施例 415 所述之方法，其中所述光起始增效劑包括乙氧基化己二醇丙烯酸酯、丙氧基化己二醇丙烯酸酯、乙氧基化三羥甲基丙烷三丙烯酸酯、三聚氰酸三烯丙酯以及丙烯酸胺中之至少一者。

417. 如實施例 400 至 416 中任一項所述之方法，其中使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與光起始劑組合。

418. 如實施例 417 所述之方法，其中所述光起始劑包括 2-甲基-1-(4-甲硫基)苯基-2-嗎啉基-1-丙酮及異丙基硫雜蒽酮中之至少一者。

419. 如實施例 400 至 418 中任一項所述之方法，其中使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與極性乙烯單體組合。

420. 如實施例 419 所述之方法，其中所述極性乙烯單體包括 N-乙烯基-吡咯啶酮及 N-乙烯基己內醯胺中之至少一者。

421. 如實施例 400 至 420 中任一項所述之方法，更包括使所

述多個矽藻矽藻殼部分與流變改質劑組合。

422. 如實施例 400 至 421 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與交聯劑組合。

423. 如實施例 400 至 422 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與流動及調平劑組合。

424. 如實施例 400 至 423 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與黏合增強劑、濕潤劑以及降黏劑中之至少一者組合。

425. 如實施例 400 至 424 中任一項所述之方法，其中所述銀奈米結構包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

426. 如實施例 401 至 425 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括將循環加熱方案應用於第一銀供給組分及所述多個矽藻矽藻殼部分。

427. 如實施例 401 至 426 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括使所述矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液組合。

428. 如實施例 427 所述之方法，其中所述晶種層溶液包括所述第一銀供給組分及晶種層還原劑。

429. 如實施例 402 至 428 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構包括使所述矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合。

430. 如實施例 429 所述之方法，其中形成所述銀奈米結構更包括在使所述矽藻矽藻殼部分與所述奈米結構形成還原劑組合後，加熱所述矽藻矽藻殼部分。

431. 如實施例 402 至 430 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構更包括使用包括奈米結構形成溶劑及第二銀供給組分之滴定溶液滴定所述矽藻矽藻殼部分。

432. 如實施例 400 至 431 中任一項所述之方法，其中所述多個矽藻矽藻殼部分是經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。

433. 如實施例 432 所述之方法，其中所述製程包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

434. 一種導電銀墨水，包括：

紫外光敏感組分；及

多個矽藻矽藻殼部分，在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

435. 如實施例 434 所述之導電銀墨水，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

436. 如實施例 434 或 435 所述之導電銀墨水，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個矽藻矽藻殼片。

437. 如實施例 434 至 436 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述銀墨水在固化後可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中。

438. 如實施例 434 至 437 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述多個穿孔中之至少一者包括約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。

439. 如實施例 434 至 438 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述銀奈米結構包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。

440. 如實施例 434 至 439 中任一項所述之導電銀墨水，其中

所述銀墨水包括在約 50 重量百分比至約 80 重量百分比之範圍內之量的矽藻矽藻殼。

441. 如實施例 434 至 440 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述多個穿孔中之至少一者包括具有銀奈米結構之表面。

442. 如實施例 434 至 441 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述多個穿孔中之至少一者包括具有銀晶種層之表面。

443. 如實施例 434 至 442 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面包括銀奈米結構。

444. 如實施例 434 至 443 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述紫外光敏感組分對波長比所述多個穿孔之尺寸短的光輻射敏感。

445. 如實施例 434 至 444 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述導電銀墨水可藉由紫外輻射固化。

446. 如實施例 445 所述之導電銀墨水，其中所述銀墨水為可固化的，在固化後可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中。

447. 如實施例 445 或 446 所述之導電銀墨水，其中所述多個穿孔具有經組態以允許所述紫外輻射通過所述多個矽藻矽藻殼部分之尺寸。

448. 如實施例 434 至 447 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述導電銀墨水可熱固化。

449. 如實施例 434 至 448 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述紫外光敏感組分包括光起始增效劑。

450. 如實施例 449 所述之導電銀墨水，其中所述光起始增效劑包括乙氧基化己二醇丙烯酸酯、丙氧基化己二醇丙烯酸酯、乙

氧化三羥甲基丙烷三丙烯酸酯、三聚氰酸三烯丙酯以及丙烯酸胺中之至少一者。

451. 如實施例 434 至 450 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述紫外光敏感組分包括光起始劑。

452. 如實施例 451 所述之導電銀墨水，其中所述光起始劑包括 2-甲基-1-(4-甲硫基)苯基-2-嗎啉基-1-丙酮及異丙基硫雜蒽酮中之至少一者。

453. 如實施例 434 至 452 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述紫外光敏感組分包括極性乙烯單體。

454. 如實施例 453 所述之導電銀墨水，其中所述極性乙烯單體包括 N-乙烯基-吡咯啶酮及 N-乙烯基己內醯胺中之至少一者。

455. 如實施例 434 至 454 中任一項所述之導電銀墨水，更包括流變改質劑、交聯劑、流動及調平劑、黏合增強劑、濕潤劑以及降黏劑中之至少一者。

456. 如實施例 434 至 455 中任一項所述之導電銀墨水，其中所述銀奈米結構包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

457. 一種製造銀膜之方法，所述方法包括：

固化包括紫外光敏感組分及多個矽藻矽藻殼部分之混合物，在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

458. 如實施例 457 所述之方法，更包括在所述多個矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀晶種層。

459. 如實施例 457 或 458 所述之方法，更包括在所述晶種層

上形成所述銀奈米結構。

460. 如實施例 457 至 459 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合以形成銀墨水。

461. 如實施例 457 至 460 中任一項所述之方法，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

462. 如實施例 457 至 461 中任一項所述之方法，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個矽藻矽藻殼片。

463. 如實施例 460 至 462 中任一項所述之方法，其中所述銀墨水在固化後可沈積於具有約 5 微米至約 15 微米厚度之層中。

464. 如實施例 457 至 463 中任一項所述之方法，其中所述多個穿孔中之至少一者包括約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。

465. 如實施例 457 至 464 中任一項所述之方法，其中所述銀奈米結構包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。

466. 如實施例 460 至 465 中任一項所述之方法，其中所述銀墨水包括在約 50 重量百分比至約 80 重量百分比之範圍內之量的矽藻矽藻殼。

467. 如實施例 458 至 466 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括在所述多個穿孔內之表面上形成所述銀晶種層，以形成多個鍍銀晶種之穿孔。

468. 如實施例 458 至 467 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括在所述多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成所述銀晶種層。

469. 如實施例 459 至 468 中任一項所述之方法，其中形成所

述銀奈米結構包括在所述多個穿孔內之表面上形成所述銀奈米結構，以形成多個鍍銀奈米結構之穿孔。

470. 如實施例 459 至 469 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構包括在所述多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面上形成所述銀奈米結構。

471. 如實施例 457 至 470 中任一項所述之方法，其中固化所述混合物包括將所述混合物曝露於波長比所述多個穿孔之尺寸短的紫外光。

472. 如實施例 469 至 471 中任一項所述之方法，其中固化所述混合物包括將所述混合物曝露於波長比所述多個鍍銀晶種之穿孔及所述多個鍍銀奈米結構之穿孔中的至少一者的尺寸短的紫外光。

473. 如實施例 457 至 472 中任一項所述之方法，其中固化所述混合物包括熱固化所述混合物。

474. 如實施例 457 至 473 中任一項所述之方法，其中所述紫外光敏感組分對波長比所述多個穿孔之尺寸短的光輻射敏感。

475. 如實施例 469 至 474 中任一項所述之方法，其中所述紫外光敏感組分對波長比所述多個鍍銀晶種之穿孔及所述多個鍍銀奈米結構之穿孔中的至少一者的尺寸短的光輻射敏感。

476. 如實施例 460 至 475 中任一項所述之方法，其中使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與光起始增效劑組合。

477. 如實施例 476 所述之方法，其中所述光起始增效劑包括乙氧基化己二醇丙烯酸酯、丙氧基化己二醇丙烯酸酯、乙氧基化

三羥甲基丙烷三丙烯酸酯、三聚氰酸三烯丙酯以及丙烯酸胺中之至少一者。

478. 如實施例 460 至 477 中任一項所述之方法，其中使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與光起始劑組合。

479. 如實施例 478 所述之方法，其中所述光起始劑包括 2-甲基-1-(4-甲硫基)苯基-2-嗎啉基-1-丙酮及異丙基硫雜蒽酮中之至少一者。

480. 如實施例 460 至 479 中任一項所述之方法，其中使所述多個矽藻矽藻殼部分與所述紫外光敏感組分組合包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與極性乙稀單體組合。

481. 如實施例 480 所述之方法，其中所述極性乙稀單體包括 N-乙稀基-吡咯啶酮及 N-乙稀基己內醯胺中之至少一者。

482. 如實施例 457 至 481 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與流變改質劑組合。

483. 如實施例 457 至 482 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與交聯劑組合。

484. 如實施例 457 至 483 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與流動及調平劑組合。

485. 如實施例 457 至 484 中任一項所述之方法，更包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與黏合增強劑、濕潤劑以及降黏劑中之至少一者組合。

486. 如實施例 457 至 485 中任一項所述之方法，其中所述銀奈米結構包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈

米帶以及奈米盤中之至少一者。

487. 如實施例 458 至 486 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括將循環加熱方案應用於第一銀供給組分及所述多個矽藻矽藻殼部分。

488. 如實施例 458 至 487 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括使所述矽藻矽藻殼部分與晶種層溶液組合。

489. 如實施例 488 所述之方法，其中所述晶種層溶液包括所述第一銀供給組分及晶種層還原劑。

490. 如實施例 459 至 489 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構包括使所述矽藻矽藻殼部分與奈米結構形成還原劑組合。

491. 如實施例 490 所述之方法，其中形成所述銀奈米結構更包括在使所述矽藻矽藻殼部分與所述奈米結構形成還原劑組合後，加熱所述矽藻矽藻殼部分。

492. 如實施例 459 至 491 中任一項所述之方法，其中形成所述銀奈米結構更包括使用包括奈米結構形成溶劑及第二銀供給組分之滴定溶液滴定所述矽藻矽藻殼部分。

493. 如實施例 457 至 492 中任一項所述之方法，其中所述多個矽藻矽藻殼部分是經由矽藻矽藻殼部分分離製程來獲得。

494. 如實施例 493 所述之方法，其中所述製程包括使用界面活性劑減少多個矽藻矽藻殼部分的聚結及使用盤式堆疊離心機中之至少一者。

495. 一種導電銀薄膜，包括：

多個矽藻矽藻殼部分，在所述多個矽藻矽藻殼部分之每一者

之表面上具有銀奈米結構，所述表面包括多個穿孔。

496. 如實施例 495 所述之導電銀薄膜，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

497. 如實施例 495 或 496 所述之導電銀薄膜，其中所述多個矽藻矽藻殼部分包括多個矽藻矽藻殼片。

498. 如實施例 495 至 497 中任一項所述之導電銀薄膜，其中所述多個穿孔中之至少一者包括約 250 奈米至約 350 奈米之直徑。

499. 如實施例 495 至 498 中任一項所述之導電銀薄膜，其中所述銀奈米結構包括約 10 奈米至約 500 奈米之厚度。

500. 如實施例 495 至 499 中任一項所述之導電銀薄膜，其中所述多個穿孔中之至少一者包括具有銀奈米結構之表面。

501. 如實施例 495 至 500 中任一項所述之導電銀薄膜，其中所述多個穿孔中之至少一者包括具有銀晶種層之表面。

502. 如實施例 495 至 501 中任一項所述之導電銀薄膜，其中所述多個矽藻矽藻殼部分之實質上所有表面包括銀奈米結構。

503. 如實施例 495 至 502 中任一項所述之導電銀薄膜，其中所述銀奈米結構包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

504. 如實施例 495 至 503 中任一項所述之導電銀薄膜，更包括黏合劑樹脂。

**【0302】** 雖然已在某些實施例及實例之情形中揭露本發明，但熟習此項技術者應瞭解，本發明擴展超出特定所揭露之實施例而涵蓋其他替代實施例及/或本發明之用途以及其明顯改變及等效物。此外，雖然已展示且詳細描述本發明之實施例的若干變化，但熟

← 20

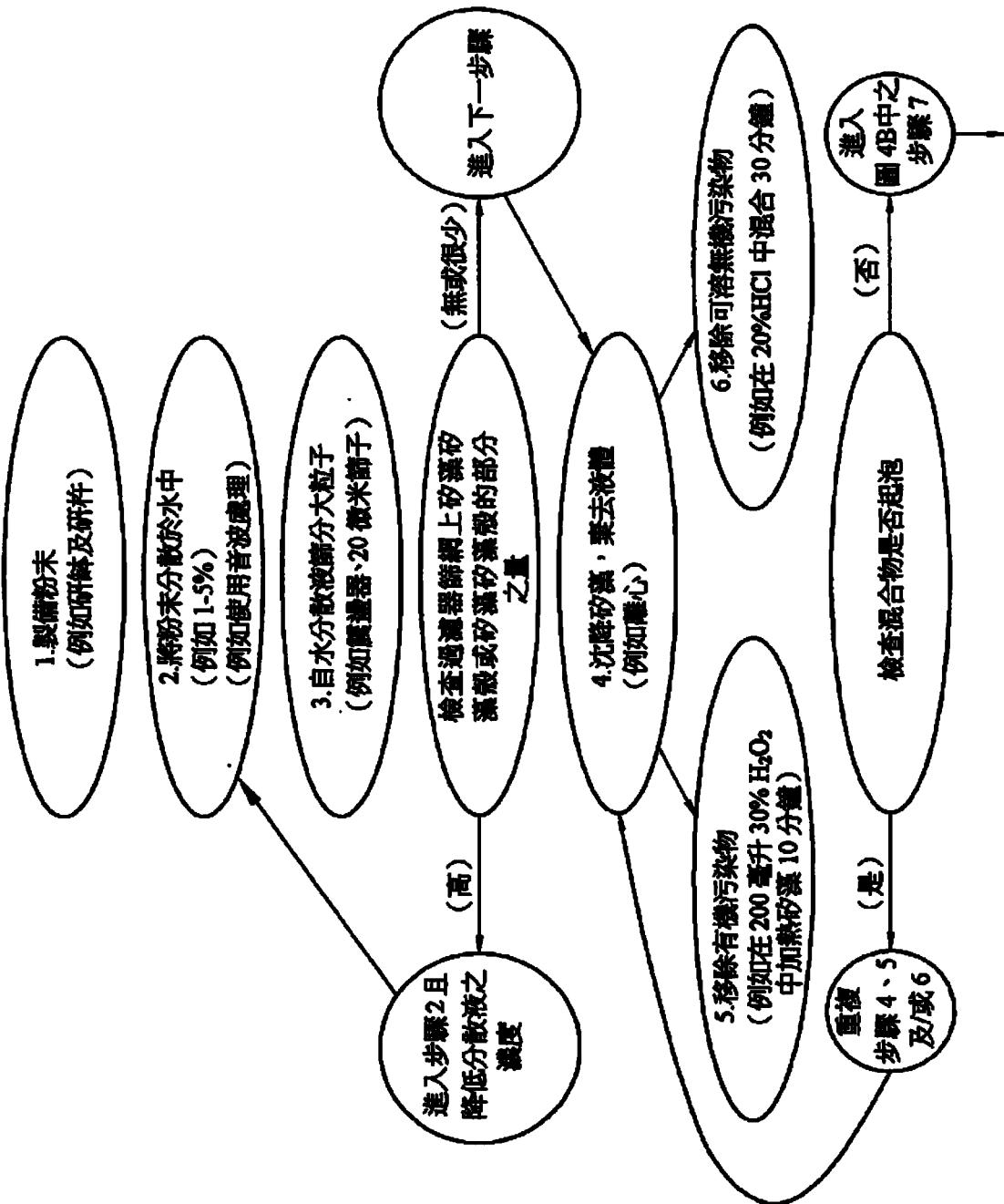


圖 4A

20 ↙

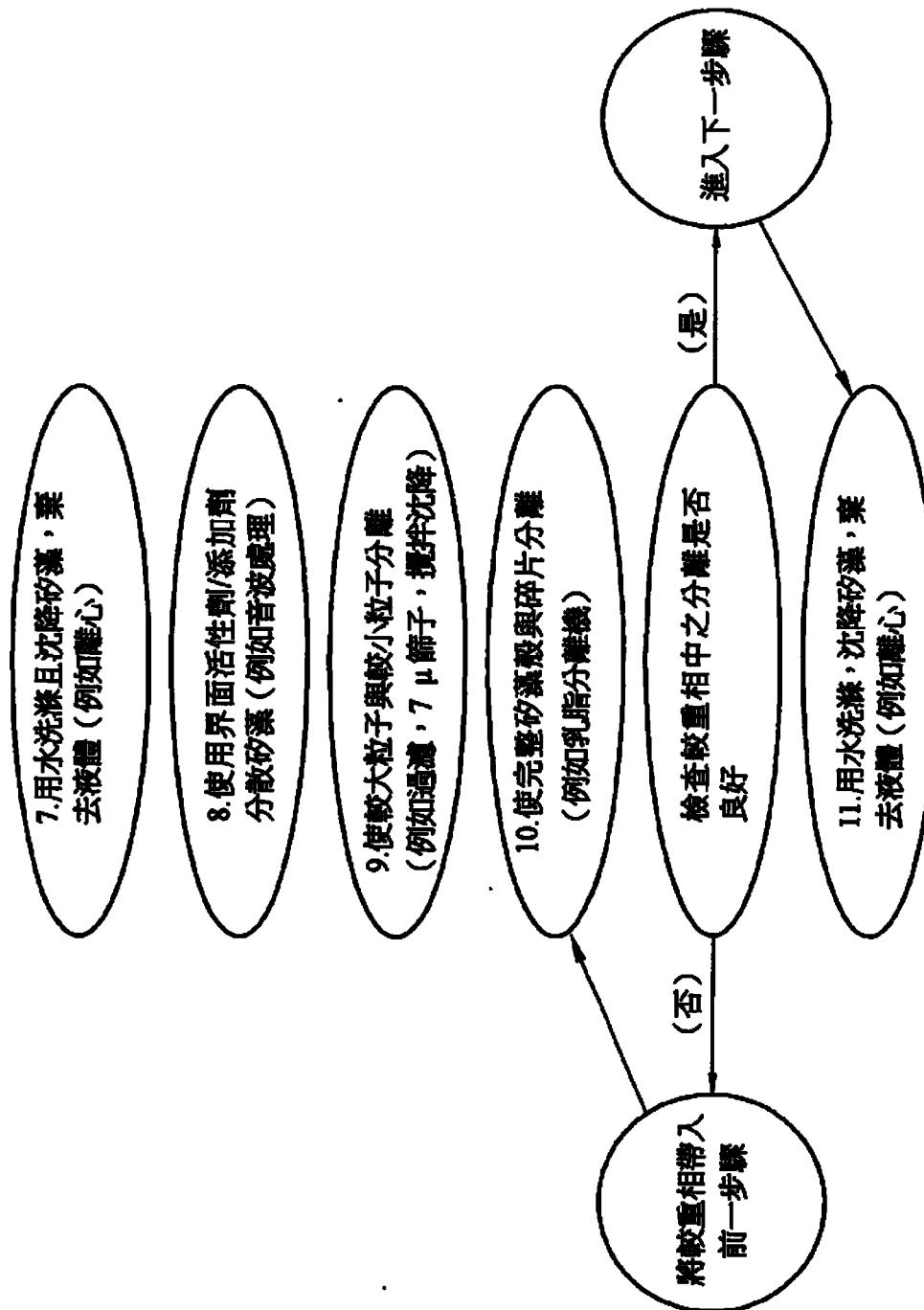
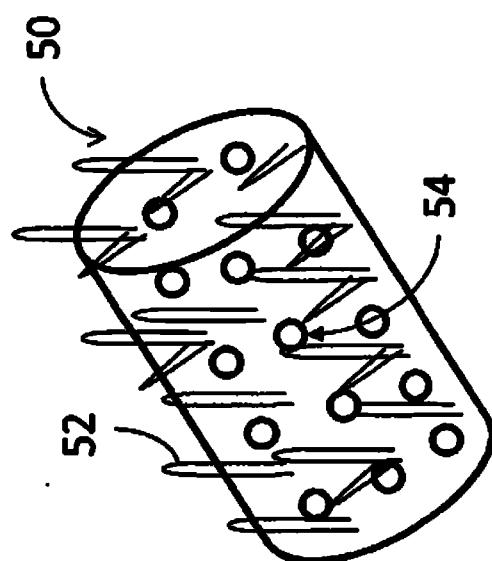


圖 4B

圖 5A



為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

## 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】**能量儲存裝置、能量儲存裝置之膜與用於印刷薄膜之墨水

ENERGY STORAGE DEVICES, MEMBRANE  
THEREOF AND INK FOR PRINTED FILM

### 【相關申請案之交叉參考】

**【0001】** 本申請案主張 2013 年 1 月 9 日申請之題為“矽藻土能量儲存裝置 (Diatomaceous Energy Storage Devices)” 的美國臨時專利申請案第 61/750,757 號及 2012 年 7 月 18 日申請之題為“矽藻土能量儲存裝置 (Diatomaceous Energy Storage Devices)” 的美國臨時專利申請案第 61/673,149 號之權益，所述臨時專利申請案各自以全文引用的方式併入本文中。

### 【技術領域】

**【0002】** 本申請案是關於能量儲存裝置，且尤其關於包括矽藻之矽藻殼的能量儲存裝置。

### 【先前技術】

**【0003】** 矽藻典型地包含單細胞真核生物，諸如單細胞藻類。矽藻在自然界中非常豐富且可見於淡水及海洋環境中。一般，矽藻是由矽藻殼封閉，矽藻殼具有經由包括殼環元件的連接帶配合在一起的兩個殼瓣。矽藻土，有時稱為矽藻岩，可為矽藻殼的來源。矽藻土包括化石化矽藻殼且可用於各種各樣的應用，包含用作過濾劑、塗料或塑膠的填充劑、吸附劑、貓砂或研磨材料。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

**【0004】** 硅藻殼常常包括大量二氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ ) 以及氧化鋁、氧化鐵、氧化鈦、磷酸鹽、石灰、鈉及/或鉀。硅藻殼典型地為電絕緣的。硅藻殼可包括多種尺寸、表面特徵、形狀以及其他屬性。舉例而言，硅藻殼可包括各種形狀，包含（但不限於）圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。硅藻殼包括對稱形狀或不對稱形狀。硅藻可根據硅藻殼之形狀及/或對稱性分類，例如基於輻射對稱之存在或不存在對矽藻進行分組。矽藻殼可包括在小於約一微米至約數百微米範圍內的尺寸。矽藻殼亦可包括不同孔隙率，具有許多孔隙或縫隙。矽藻殼之孔隙或縫隙可在形狀、大小及/或密度方面有變化。舉例而言，矽藻殼可包括尺寸為約 5 nm 至約 1000 nm 的孔隙。

**【0005】** 矽藻殼可包括顯著機械強度或抗剪應力性，例如歸因於矽藻殼之尺寸、矽藻殼形狀、孔隙率及/或材料組成。

## 【發明內容】

**【0006】** 能量儲存裝置，諸如電池（例如可充電電池）、電容器及/或超級電容器（例如電雙層電容器（EDLC））可使用嵌入於能量儲存裝置的至少一層中的矽藻殼製造。矽藻殼可經揀選以具有所選形狀、尺寸、孔隙率、材料、表面特徵及/或另一合適矽藻殼屬性，所述屬性可為均一或實質上均一的或可不同。矽藻殼可包含矽藻殼表面改質結構及/或材料。能量儲存裝置可包含諸如電極、分離器及/或集電器之層。舉例而言，分離器可位於第一電極與第二電極之間，第一集電器可與第一電極耦接，且第二集電器可與第二電極耦接。分離器、第一電極以及第二電極中之至少一者可

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

結。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括攪拌。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括震盪。在一些實施例中，妨礙多個矽藻矽藻殼部分的聚結可包括起泡。

**【0045】** 過濾可包含將篩子應用於多個矽藻矽藻殼部分。舉例而言，篩子可具有約 5 微米至約 10 微米（包含約 7 微米）之目徑。

**【0046】** 在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包含獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分。獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分可包括在移除有機污染物及無機污染物中之至少一者後，使用清洗溶劑洗滌多個矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分可包括使用清洗溶劑洗滌具有至少一個共同特性的矽藻矽藻殼部分。

**【0047】** 可移除清洗溶劑。舉例而言，移除清洗溶劑可包括在移除有機污染物及無機污染物中之至少一者後，沈降多個矽藻矽藻殼部分。舉例而言，移除清洗溶劑可包括沈降具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。沈降多個矽藻矽藻殼部分可包括離心。在一些實施例中，離心可包括應用適合於大規模處理的離心機。在一些實施例中，離心可包括應用盤式堆疊離心機、傾析離心機以及管式離心機中之至少一者。

**【0048】** 在一些實施例中，分散溶劑及清洗溶劑中之至少一者可包括水。

**【0049】** 在一些實施例中，將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中及將多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中之至少一者可包括音波處理多個矽藻矽藻殼。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

**【0050】** 界面活性劑可包括陽離子界面活性劑。舉例而言，陽離子界面活性劑可包括氯化苄烷銨 (benzalkonium chloride)、西曲溴銨 (cetrimonium bromide)、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羥丙基二甲基氯化銨 (lauryl methyl gluceth-10 hydroxypropyl dimonium chloride)、苯索氯銨 (benzethonium chloride)、博尼杜克 (bronidox)、二甲基二(十八烷基)氯化銨 (dimethyldioctadecylammonium) 以及氫氧化四甲基銨中之至少一者。

**【0051】** 界面活性劑可包括非離子界面活性劑。舉例而言，非離子界面活性劑可包括鯨蠟醇、硬脂醇、鯨蠟硬脂醇、油醇、聚氧乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚氧乙二醇辛酚醚、辛酚乙氧基化物 (Triton X-100<sup>TM</sup>)、壬苯醇醚-9 (nonoxynol-9)、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯以及泊洛沙姆 (poloxamer) 中之至少一者。

**【0052】** 在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可在將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中之前進行。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可在將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中之後進行。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可與將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中至少部分同時發生。添加劑組分可包含氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨以及氫氧化鈉中之至少一者。

**【0053】** 在一些實施例中，分散多個矽藻矽藻殼部分可包括獲得包括約 1 重量百分比至約 5 重量百分比之多個矽藻矽藻殼部分的

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

得經洗滌之矽藻矽藻殼部分。獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分可包括在移除有機污染物及無機污染物中之至少一者後，使用清洗溶劑洗滌多個矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分可包括使用清洗溶劑洗滌具有至少一個共同特性的矽藻矽藻殼部分。

**【0065】** 可移除清洗溶劑。舉例而言，移除清洗溶劑可包括在移除有機污染物及無機污染物中之至少一者後，沈降多個矽藻矽藻殼部分。舉例而言，移除清洗溶劑可包括沈降具有至少一個共同特性的多個矽藻矽藻殼部分。沈降多個矽藻矽藻殼部分可包括離心。在一些實施例中，離心可包括應用適合於大規模處理的離心機。在一些實施例中，離心可包括應用盤式堆疊離心機、傾析離心機以及管式離心機中之至少一者。

**【0066】** 在一些實施例中，分散溶劑及清洗溶劑中之至少一者可包括水。

**【0067】** 在一些實施例中，將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中及將多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中之至少一者可包括音波處理多個矽藻矽藻殼。

**【0068】** 界面活性劑可包括陽離子界面活性劑。舉例而言，陽離子界面活性劑可包括氯化苄烷銨、西曲溴銨、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羅丙基二甲基氯化銨、苄索氯銨、博尼杜克、二甲基二(十八烷基)氯化銨以及氫氧化四甲基銨中之至少一者。

**【0069】** 界面活性劑可包括非離子界面活性劑。舉例而言，非離子界面活性劑可包括鯨蠟醇、硬脂醇、鯨蠟硬脂醇、油醇、聚乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

氧乙二醇辛酚醚、辛酚乙氧基化物 (Triton X-100<sup>TM</sup>)、壬苯醇醚-9、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯以及泊洛沙姆中之至少一者。

【0070】在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可在將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中之前進行。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可在將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中之後進行。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可與將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中至少部分同時發生。添加劑組分可包含氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨以及氫氧化鈉中之至少一者。

【0071】在一些實施例中，分散多個矽藻矽藻殼部分可包括獲得包括約 1 重量百分比至約 5 重量百分比之多個矽藻矽藻殼部分的分散液。

【0072】在一些實施例中，移除有機污染物可包括在漂白劑存在下加熱多個矽藻矽藻殼部分。漂白劑可包含過氧化氫及硝酸中之至少一者。加熱多個矽藻矽藻殼部分可包括在包括範圍為約 10 體積百分比至約 20 體積百分比之量的過氧化氫的溶液中加熱多個矽藻矽藻殼部分。加熱多個矽藻矽藻殼部分可包括加熱多個矽藻矽藻殼部分約 5 分鐘至約 15 分鐘之持續時間。

【0073】在一些實施例中，移除有機污染物可包括將多個矽藻矽藻殼部分退火。在一些實施例中，移除無機污染物可包括使多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合。使多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合可包含將多個矽藻矽藻殼部分混合於包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸的

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

機。在一些實施例中，離心可包括應用盤式堆疊離心機、傾析離心機以及管式離心機中之至少一者。

**【0084】** 在一些實施例中，分散溶劑及清洗溶劑中之至少一者可包括水。

**【0085】** 在一些實施例中，將多個矽藻矽藻殼部分分散於分散溶劑中及將多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中之至少一者可包括音波處理多個矽藻矽藻殼。

**【0086】** 界面活性劑可包括陽離子界面活性劑。舉例而言，陽離子界面活性劑可包括氯化苄烷銨、西曲溴銨、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羅丙基二甲基氯化銨、苄索氯銨、博尼杜克、二甲基二(十八烷基)氯化銨以及氫氧化四甲基銨中之至少一者。

**【0087】** 界面活性劑可包括非離子界面活性劑。舉例而言，非離子界面活性劑可包括鯨蠟醇、硬脂醇、鯨蠟硬脂醇、油醇、聚氧乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚氧乙二醇辛酚醚、辛酚乙氧基化物 (Triton X-100<sup>TM</sup>)、壬苯醇醚-9、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯以及泊洛沙姆中之至少一者。

**【0088】** 在一些實施例中，提取矽藻矽藻殼部分之方法可包括將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可在將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中之前進行。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可在將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中之後進行。將多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中可與將多個矽藻矽藻殼分散於界面活性劑中至少部分同時發生。添加劑組分可包含氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨以及氫氧化鈉中之至少一者。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

**【0089】** 在一些實施例中，分散多個矽藻矽藻殼部分可包括獲得包括約 1 重量百分比至約 5 重量百分比之多個矽藻矽藻殼部分的分散液。

**【0090】** 在一些實施例中，移除有機污染物可包括在漂白劑存在下加熱多個矽藻矽藻殼部分。漂白劑可包含過氧化氫及硝酸中之至少一者。加熱多個矽藻矽藻殼部分可包括在包括範圍為約 10 體積百分比至約 20 體積百分比之量的過氧化氫的溶液中加熱多個矽藻矽藻殼部分。加熱多個矽藻矽藻殼部分可包括加熱多個矽藻矽藻殼部分約 5 分鐘至約 15 分鐘之持續時間。

**【0091】** 在一些實施例中，移除有機污染物可包括將多個矽藻矽藻殼部分退火。在一些實施例中，移除無機污染物可包括使多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合。使多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合可包含將多個矽藻矽藻殼部分混合於包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸的溶液中。舉例而言，混合可持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

**【0092】** 在矽藻矽藻殼部分上形成銀奈米結構之方法可包含在矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀晶種層。所述方法可包含在所述晶種層上形成奈米結構。

**【0093】** 在一些實施例中，奈米結構可包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。在一些實施例中，奈米結構可包括銀。

**【0094】** 形成銀晶種層可包括將循環加熱方案應用於第一銀供給組分及矽藻矽藻殼部分。在一些實施例中，應用循環加熱方案可包括應用循環微波功率。應用循環微波功率可包括使微波功率在

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

**【0209】** 6. 在一些實施例中，可藉由濕篩製程提取破碎的矽藻殼片。舉例而言，可使用過濾製程。在一些實施例中，過濾製程包括使用篩子移除較小片的破碎矽藻殼。篩子可包括適於移除較小片的破碎矽藻殼之目徑（例如 7 微米篩子）。濕篩製程可例如藉由干擾沈降物聚結而抑制或阻止小沈降物在篩子之孔隙中積聚及/或允許小粒子通過篩子之孔隙。干擾聚結可包含例如對沈降在篩目上之材料的攪拌、起泡、震盪、其組合以及其類似物。在一些實施例中，過濾製程可連續經過一系列篩子（例如具有愈來愈小之孔隙或目徑）（例如在具有單個輸入及輸出之機器中的多個篩子）。

**【0210】** 7. 在一些實施例中，可使用矽藻殼在液體中之連續離心（乳脂分離機型機器）。舉例而言，可使用盤式堆疊離心機。此製程可用於根據共同特性分離矽藻，包含例如使破碎的矽藻殼片與未破碎的矽藻殼進一步分離。在一些實施例中，可重複盤式堆疊離心機步驟以實現所需分離（例如破碎的矽藻殼與未破碎的矽藻殼的所需分離程度）。

**【0211】** 8. 如本文所述，可在溶劑中洗滌矽藻殼，隨後為沈降製程（例如離心）以便自溶劑提取矽藻殼。舉例而言，離心可用於在每次洗滌步驟後及/或在最終使用前沈降矽藻殼或矽藻殼的部分。適用於在洗滌步驟後沈降矽藻殼之離心機技術可包含連續離心機，包含（但不限於）盤式堆疊離心機、傾析離心機及/或管式離心機。

**【0212】** 已使用來自澳大利亞昆士蘭的希爾維亞山矽藻岩採礦有限公司（Mount Silvia Pty , Ltd. Diatomite mining company, Queensland, Australia）之淡水矽藻測試實例分離程序。樣品中之

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

大部分矽藻殼具有一種矽藻，即直鏈矽藻屬 (*Aulacoseira* sp.)。所述矽藻殼具有圓柱形，具有約 5 微米直徑及 10 至 20 微米長度。

**【0213】** 圖 4A 及 4B 中呈現之實例分離程序分離製程 20 之流程圖僅充當實例。流程圖中參數之數量是作為說明性實例而被提供(例如僅適於所選樣品)。舉例而言，對於不同類型之矽藻，數量可為不同的。

**【0214】** 矽藻之表面可包含非晶矽石且可包含帶負電荷的矽烷醇基團。對於矽藻，由  $\zeta$  電位量測發現之等電點可常常為約 pH 2 (例如與非晶矽石之等電點類似)。

**【0215】** 在一些實施例中，界面活性劑可包括陽離子界面活性劑。合適陽離子界面活性劑可包含氯化苄烷銨、西曲溴銨、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羥丙基二甲基氯化銨、苄索氯銨、博尼杜克、二甲基二(十八烷基)氯化銨、氫氧化四甲基銨、其混合物及/或類似物。界面活性劑可為非離子界面活性劑。合適非離子界面活性劑可包含：鯨蠟醇、硬脂醇、以及鯨蠟硬脂醇、油醇、聚氧乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚氧乙二醇辛酚醚、Triton X-100、壬苯醇醚-9、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯、泊洛沙姆、其混合物及/或類似物。

**【0216】** 在一些實施例中，可添加一或多種添加劑以減少聚結。合適添加劑可包含：氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨、氫氧化鈉、其混合物及/或類似物。

**【0217】** 矽藻殼可具有一或多個應用於矽藻殼表面之改質。在一些實施例中，矽藻殼可用作基板以便在矽藻殼之一或多個表面上形成一或多個結構。圖 5A 展示包括結構 52 之實例矽藻殼 50。舉

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

二乙醇、異丙胺、環己胺、正丁胺、氯化銨、六亞甲基四胺、乙二醇、乙醇胺、聚乙烯醇、聚乙二醇、十二烷基硫酸鈉、溴化十六烷基三甲銨、尿素、其組合及/或類似物。

在矽藻矽藻殼之表面上形成碳奈米管之實例製程

【0273】可藉由化學氣相沈積技術及其變化而在矽藻表面（例如內部及/或外部）上生長碳奈米管（例如多壁及/或單壁）。在此技術中，首先用催化劑晶種塗佈矽藻且隨後引入氣體混合物。一種氣體可為還原氣體，且另一氣體可為碳來源。在一些實施例中，可使用氣體混合物。在一些實施例中，可包含中性氣體以用於濃度控制（例如氬氣）。氬氣亦可用於攜帶液體含碳材料（例如乙醇）。用於形成碳奈米管之晶種可藉由諸如噴塗之技術沈積為金屬，及/或由液體、氣體及/或固體引入且隨後在高溫下藉由熱解進行還原。含碳氣體之還原可發生在較高溫度下，例如在約 600°C 至約 1100°C 之範圍內。

【0274】由於奈米孔隙率，晶種塗佈製程及氣體反應均可在矽藻殼表面上實現。已開發用於在不同基板上生長碳奈米管「森林」之技術，所述基板包含矽、氧化鋁、氧化鎂、石英、石墨、碳化矽、沸石、金屬以及二氧化矽。

【0275】適用於生長催化劑晶種之金屬化合物的實例可包含鎳、鐵、鈷、鈷-鉬雙金屬粒子、銅 (Cu)、金 (Au)、銀 (Ag)、鉑 (Pt)、鈀 (Pd)、錳 (Mn)、鋁 (Al)、鎂 (Mg)、鉻 (Cr)、錫 (Sn)、鋁-鐵-鉬 (Al/Fe/Mo)、五羰基鐵 ( $\text{Fe}(\text{CO})_5$ )、硝酸鐵(III)六水合物 ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )、氯化鈷(II)六水合物 ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )、鉬酸銨四

爲第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

水合物 ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )、二氯二氧化鉑(VI) ( $\text{MoO}_2\text{Cl}_2$ )、氧化鋁奈米粉末、其混合物及/或類似物。

【0276】 合適還原氣體之實例可包含氨氣、氮氣、氫氣、其混合物及/或類似物。

【0277】 可充當碳來源之合適氣體（例如含碳氣體）之實例可包含乙炔、乙烯、乙醇、甲烷、碳氧化物、苯、其混合物及/或類似物。

### 塗層組合

【0278】 在一些實施例中，塗層之組合亦可爲可能的。舉例而言，矽藻殼之表面可包含鎳塗層及碳奈米管塗層（例如，所述矽藻殼可用於能量儲存裝置，包含超級電容器）。

【0279】 圖 6 示意性說明能量儲存裝置 100 之實例實施例。圖 6 可爲能量儲存裝置 100 之橫截面圖或正視圖。能量儲存裝置 100 包含第一電極 140 及第二電極 150，例如分別或無關地爲陰極及陽極。第一電極 140 及第二電極 150 由分離器 130 分開。能量儲存裝置 100 可視情況包含與電極 140、150 之一者或兩者電耦接的一或多個集電器 110、120。

【0280】 在一些實施例中，能量儲存裝置 100 包括第一電極 140、第二電極 150 及/或分離器 130，其任一者可爲膜或層，包含沈積膜或層。

【0281】 集電器 110、120 可包含提供電子至外部配線之路徑的任何組件。舉例而言，集電器 110、120 可相鄰於第一電極 140 及第二電極 150 之表面定位，以使電極 140、150 之間的能量流傳送至

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

電裝置。在圖 6 中所展示之實施例中，第一集電器 110 及第二集電器 120 分別與第一電極 140 之表面及第二電極 150 之表面相鄰。集電器 110、120 分別相鄰於與電極 140、150 之表面相反的與分離器 130 相鄰的表面。

**【0282】** 在一些實施例中，能量儲存裝置 100 包含至少一個包括矽藻殼之層或膜。舉例而言，能量儲存裝置 100 可包含包括分散液之層或膜，所述分散液包含矽藻殼。包括矽藻殼之層或膜可包含例如第一電極 140、第二電極 150、分離器 130、第一集電器 110、第二集電器 120、其組合及/或類似物。在一些實施例中，能量儲存裝置 100 包含具有均一或實質上均一的形狀、尺寸（例如直徑、長度）、材料、孔隙率、表面改質材料及/或結構、任何其他合適特徵或屬性、其組合及/或類似物之矽藻殼。在能量儲存 100 裝置之多個層包括矽藻殼之實施例中，矽藻殼可為相同或實質上相同的（例如具有類似尺寸）或可為不同的（例如在分離器 130 中絕緣且在電極 140、150 中經導電塗佈）。

**【0283】** 能量儲存裝置 100 可包含一或多個包括矽藻殼之層或膜，所述矽藻殼之長度範圍為約 1 微米至約 50 微米、約 1 微米至約 40 微米、約 1 微米至約 30 微米、約 1 微米至約 20 微米、約 1 微米至約 10 微米、約 5 微米至約 50 微米、約 5 微米至約 40 微米、約 5 微米至約 30 微米、約 5 微米至約 20 微米以及約 5 微米至約 10 微米。在一些實施例中，圓柱形矽藻殼之長度不超過約 50 微米、不超過約 40 微米、不超過約 30 微米、不超過約 20 微米、不超過約 15 微米、不超過約 10 微米或不超過約 5 微米。其他矽藻殼長度亦為可能的。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

**【0284】** 能量儲存裝置 100 可包括一或多個包括矽藻殼之層或膜，所述矽藻殼之直徑範圍為約 1 微米至約 50 微米、約 1 微米至約 40 微米、約 1 微米至約 30 微米、約 1 微米至約 20 微米、約 1 微米至約 10 微米、約 5 微米至約 50 微米、約 5 微米至約 40 微米、約 5 微米至約 30 微米、約 5 微米至約 20 微米以及約 5 微米至約 10 微米。在一些實施例中，圓柱形矽藻殼之直徑不超過約 50 微米、不超過約 40 微米、不超過約 30 微米、不超過約 20 微米、不超過約 15 微米、不超過約 10 微米、不超過約 5 微米、不超過約 2 微米或不超過約 1 微米。其他矽藻殼直徑亦為可能的。

**【0285】** 能量儲存裝置 100 可包括具有均一或實質上均一的矽藻殼內孔隙率及/或矽藻殼間孔隙率之矽藻殼及/或具有在特定範圍內之孔隙率的矽藻殼。在一些實施例中，能量儲存裝置 100 包括一或多個包含矽藻殼之層或膜，所述矽藻殼具有在約 10% 至約 50%、約 15% 至約 45% 以及約 20% 至約 40% 之範圍內的孔隙率。其他矽藻殼孔隙率亦為可能的。

**【0286】** 如本文所述，能量儲存裝置 100 可包含一或多個層或膜，所述層或膜包含：矽藻殼 50，其不包括或實質上不包括施用或形成於矽藻殼 50 之表面上的表面改質材料及/或表面改質結構 52；及/或矽藻殼 50，其包括施用或形成於矽藻殼 50 之表面上以改變矽藻殼 50 之特性或屬性的材料及/或結構 52。舉例而言，分離器 130 可包括矽藻殼 50，其不包括或實質上不包括施用或形成於矽藻殼 50 之表面上的表面改質材料及/或表面改質結構 52，且電極 140、150 中之至少一者可包括矽藻殼 50，其包括施用或形成於矽藻殼 50 之表面上以改變矽藻殼 50 之特性或屬性的材料及/或結構

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

52。另舉一例，分離器 130 可包括：一些矽藻殼 50，其不包括或實質上不包括施用或形成於矽藻殼 50 之表面上的表面改質材料及/或表面改質結構 52；及一些矽藻殼 50，其包括施用或形成於矽藻殼 50 之表面上以改變矽藻殼 50 之特性或屬性的材料及/或結構 52。

**【0287】** 在一些實施例中，能量儲存裝置 100 包括具有不均一或實質上不均一的形狀、尺寸、孔隙率、表面改質材料及/或結構、另一合適屬性及/或其組合之矽藻殼。

**【0288】** 圖 7 展示可形成能量儲存裝置 100 之一部分之分離器或膜 300 的實例實施例。分離器 300 包含矽藻殼 320。在一些實施例中，能量儲存裝置 100（圖 6）包含包括矽藻殼 320 之分離器或膜 300。舉例而言，能量儲存裝置 100 可包含包括分散液之分離器 300，所述分散液包含矽藻殼 320。如本文所述，可根據形狀、尺寸、材料、孔隙率、其組合及/或類似物揀選矽藻殼 320，使得分離器 300 包括具有均一或實質上均一的形狀、尺寸（例如長度、直徑）、孔隙率、材料、其組合及/或類似物之矽藻殼 320。舉例而言，分離器 300 可包含具有圓柱形或實質上圓柱形（例如，如圖 7 中所示）、球形或實質上球形、另一形狀及/或其組合之矽藻殼 320。在一些實施例中，分離器 300 包含具有在矽藻殼 320 之表面上施用或形成之材料及/或結構的矽藻殼 320。分離器 300 可包括矽藻殼 320，其不包括或實質上不包括施用或形成於矽藻殼 320 之表面上（例如，如圖 7 中所說明）的表面改質材料及/或表面改質結構。分離器 300 可包括矽藻殼 320，其包括施用或形成於矽藻殼 320 之表面上以改變矽藻殼 320 之特性或屬性的材料及/或結構 52。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

構。分離器 300 可包括：一些矽藻殼 320，其不包括或實質上不包括施用或形成於矽藻殼 320 之表面上的表面改質材料及/或表面改質結構；及一些矽藻殼 320，其包括施用或形成於矽藻殼 320 之表面上以改變矽藻殼 320 之特性或屬性的材料及/或結構。

**【0289】** 分離器 300 可包括矽藻殼 320（圖 6），其具有足以允許實現能量儲存裝置 100 之第一電極 140 與第二電極 150 之間的穩定或實質上穩定分離之機械強度。在一些實施例中，分離器 300 包括經組態以增加能量儲存裝置 100 之效率的矽藻殼 320，例如藉由使得第一電極 140 與第二電極 150 之間的間距能夠減小及/或藉由促進離子物種在第一電極 140 與第二電極 150 之間的流動。舉例而言，矽藻殼 320 可具有均一或實質上均一的形狀、尺寸、孔隙率、表面改質材料及/或結構、其組合及/或類似物，以便改良能量儲存裝置效率及/或機械強度。能量儲存裝置 100 之分離器 300 可包括圓柱形或實質上圓柱形矽藻殼 320，所述矽藻殼包含具有所需孔隙率、尺寸、及/或表面改質材料及/或結構之壁。

**【0290】** 分離器 300 可包括一或多層矽藻殼 320。包括矽藻殼 320 之分離器 300 可具有均一或實質上均一的厚度。在一些實施例中，包括矽藻殼 320 之分離器 300 的厚度儘可能地薄。在一些實施例中，包括矽藻殼 320 之分離器 300 的厚度為約 1 微米至約 100 微米，包含約 1 微米至約 80 微米、約 1 微米至約 60 微米、約 1 微米至約 40 微米、約 1 微米至約 20 微米、約 1 微米至約 10 微米、約 5 微米至約 60 微米、約 5 微米至約 40 微米、約 5 微米至約 20 微米、約 5 微米至約 15 微米、約 5 微米至約 10 微米、約 10 微米至約 60 微米、約 10 微米至約 40 微米、約 10 微米至約 20 微米、

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

性。在一些實施例中，黏著劑材料包括聚合物 360。舉例而言，黏著劑材料可包括顯示出電學及電化學穩定性且在能量儲存裝置 100 之分離器 300 內及/或在分離器 300 與第一電極 140 及/或第二電極 150 之間提供足夠黏著性之聚合物 360。

**【0295】** 圖 8 展示可形成能量儲存裝置 100 (圖 6) 之一部分的實例電極或膜 400。電極 400 包含矽藻殼 420。在一些實施例中，能量儲存裝置 100 (圖 6) 包含一或多個包括矽藻殼 420 之電極或膜 400 (例如，作為第一電極 140 及/或第二電極 150)。舉例而言，能量儲存裝置 100 可包含包括分散液之電極或膜 400，所述分散液包含矽藻殼 420。如本文所述，可根據形狀、尺寸、材料、孔隙率、其組合及/或類似物揀選矽藻殼 420，使得電極 400 包括具有均一或實質上均一的形狀、尺寸 (例如長度、直徑)、孔隙率、材料、其組合及/或類似物之矽藻殼 420。舉例而言，電極 400 可包含具有圓柱形或實質上圓柱形 (例如，如圖 8 中所示)、球形或實質上球形、另一形狀及/或其組合之矽藻殼 420。在一些實施例中，電極 400 包含具有在矽藻殼 420 之表面上施用或形成之材料及/或結構的矽藻殼 420。電極 400 可包括不包括或實質上不包括表面改質材料之矽藻殼 420，且可為絕緣的，及/或可具有施用或形成於矽藻殼 420 之表面上的表面改質結構。電極 400 可包括矽藻殼 420，其包括施用或形成於矽藻殼 420 之表面上以改變矽藻殼 420 之特性或屬性的材料及/或結構 (例如，如圖 8 中由矽藻殼 420 之表面上的雞爪形特徵示意性說明)。電極 400 可包括：一些矽藻殼 420，其不包括或實質上不包括施用或形成於矽藻殼 420 之表面上的表面改質材料及/或表面改質結構；及一些矽藻殼 420，其包括施用

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

或形成於矽藻殼 420 之表面上以改變矽藻殼 420 之特性或屬性的材料及/或結構。

**【0296】** 電極 400 可包括為了機械強度而選擇之矽藻殼 420，使得包含電極 400 之能量儲存裝置 100 可承受壓縮力及/或改變形狀之變形。在一些實施例中，電極 400 包括經組態以增加能量儲存裝置 100 之效率的矽藻殼 420，例如藉由促進離子物種在電極 400 內及/或在電極 400 與能量儲存裝置 100 之其他部件之間的流動。舉例而言，矽藻殼 420 可具有均一或實質上均一的形狀、尺寸、孔隙率、表面改質材料及/或結構、其組合及/或類似物，以便改良能量儲存裝置效率及/或機械強度。能量儲存裝置 100 之電極 400 可包括圓柱形或實質上圓柱形矽藻殼 420，所述矽藻殼包含具有所需孔隙率、尺寸、及/或表面改質材料及/或結構之壁。

**【0297】** 電極 400 可包括一或多層矽藻殼 420。包括矽藻殼 420 之電極 400 可具有均一或實質上均一的厚度。在一些實施例中，包括矽藻殼 420 之電極 400 的厚度至少部分視電阻、可用材料之量、所需能量裝置厚度或其類似物而定。在一些實施例中，包括矽藻殼 420 之電極 400 的厚度為約 1 微米至約 100 微米，包含約 1 微米至約 80 微米、約 1 微米至約 60 微米、約 1 微米至約 40 微米、約 1 微米至約 20 微米、約 1 微米至約 10 微米，約 5 微米至約 100 微米，包含約 5 微米至約 80 微米、約 5 微米至約 60 微米、約 5 微米至約 40 微米、約 5 微米至約 20 微米、約 5 微米至約 10 微米、約 10 微米至約 60 微米、約 10 微米至約 40 微米、約 10 微米至約 20 微米、約 10 微米至約 15 微米、以及約 15 微米至約 30 微米。在一些實施例中，包括矽藻殼 420 之電極 400 之厚度小於約 100

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

微米、小於約 90 微米、小於約 80 微米、小於約 70 微米、小於約 60 微米、小於約 50 微米、小於約 40 微米、小於約 30 微米、小於約 20 微米、小於約 10 微米、小於約 5 微米、小於約 2 微米、或小於約 1 微米，以及包含以上述值作為界線且包含上述值之範圍。電極 400 之其他厚度亦為可能的。

**【0298】** 電極 400 可包括具有不均一或實質上不均一的形狀、尺寸、孔隙率、表面改質材料及/或結構、其組合及/或類似物之矽藻殼 420。

**【0299】** 在一些實施例中，電極 400 視情況包括增強電極 400 內電子之傳導性的材料。舉例而言，再參看圖 8，在一些實施例中，電極 400 包括導電填充劑 460，以改良電極 400 內之電傳導。導電填充劑 460 可包括石墨碳、石墨烯、其組合及/或類似物。在包括多個電極 400 之能量儲存裝置 100 中，電極 400 可包含不同矽藻殼及/或不同添加劑，例如包含不同離子及/或產生離子的物種。在一些實施例中，電極 400 可包括電解質，例如本文中關於圖 7 之分離器 300 所述之電解質 340。在一些實施例中，電極 400 可包括聚合物，例如本文中關於圖 7 之分離器 300 所述之聚合物 360。

**【0300】** 在一些實施例中，電極 400 視情況包括黏著劑材料，以使得能夠改良在電極 400 內及/或電極 400 與能量儲存裝置 100 之另一組件（諸如分離器 130 及/或集電器 110、120）之間的矽藻殼 420 之黏著性。在一些實施例中，電極 400 中之黏著劑材料包括聚合物，例如本文所述之聚合物 360。

### 實例實施例

**【0301】** 以下實例實施例識別本文中所揭露之特徵組合的一些可

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

能排列，但特徵組合之其他排列亦為可能的。

1. 一種印刷能量儲存裝置，包括：

第一電極；

第二電極；以及

在所述第一電極與所述第二電極之間的分離器，所述第一電極、所述第二電極以及所述分離器中之至少一者包含矽藻殼。

2. 如實施例 1 所述之裝置，其中所述分離器包含所述矽藻殼。

3. 如實施例 1 或 2 所述之裝置，其中所述第一電極包含所述矽藻殼。

4. 如實施例 1 至 3 中任一項所述之裝置，其中所述第二電極包含所述矽藻殼。

5. 如實施例 1 至 4 中任一項所述之裝置，其中所述矽藻殼具有實質上均一的性質。

6. 如實施例 5 所述之裝置，其中性質包括形狀。

7. 如實施例 6 所述之裝置，其中所述形狀包括圓柱體、球體、圓盤或稜柱體。

8. 如實施例 5 至 7 中任一項所述之裝置，其中所述性質包括尺寸。

9. 如實施例 8 所述之裝置，其中所述尺寸包括直徑。

10. 如實施例 9 所述之裝置，其中所述直徑在約 2 微米至約 10 微米之範圍內。

11. 如實施例 8 所述之裝置，其中所述尺寸包括長度。

12. 如實施例 9 所述之裝置，其中所述長度在約 5 微米至約 20 微米之範圍內。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

13. 如實施例 8 所述之裝置，其中所述尺寸包括最長軸。
14. 如實施例 9 所述之裝置，其中所述最長軸在約 5 微米至約 20 微米之範圍內。
15. 如實施例 5 至 14 中任一項所述之裝置，其中所述性質包括孔隙率。
16. 如實施例 15 所述之裝置，其中所述孔隙率在約 20% 至約 50% 之範圍內。
17. 如實施例 5 至 16 中任一項所述之裝置，其中所述性質包括機械強度。
18. 如實施例 1 至 17 中任一項所述之裝置，其中所述矽藻殼包括表面改質結構。
19. 如實施例 18 所述之裝置，其中所述表面改質結構包含導電材料。
20. 如實施例 19 所述之裝置，其中所述導電材料包含銀、鋁、鉑、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。
21. 如實施例 18 至 20 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質結構包含氧化鋅 ( $ZnO$ )。
22. 如實施例 18 至 21 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質結構包含半導體。
23. 如實施例 22 所述之裝置，其中所述半導體包含矽、鎗、矽鎗以及砷化鎵中之至少一者。
24. 如實施例 18 至 23 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質結構包括奈米線、奈米粒子以及具有重複狀之結構中之至少一者。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

25. 如實施例 18 至 24 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質結構在所述矽藻殼之外表面上。

26. 如實施例 18 至 25 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質結構在所述矽藻殼之內表面上。

27. 如實施例 1 至 26 中任一項所述之裝置，其中所述矽藻殼包括表面改質材料。

28. 如實施例 27 所述之裝置，其中所述表面改質材料包含導電材料。

29. 如實施例 28 所述之裝置，其中所述導電材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。

30. 如實施例 27 至 29 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質材料包含氧化鋅 ( $ZnO$ )。

31. 如實施例 27 至 30 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質材料包含半導體。

32. 如實施例 31 所述之裝置，其中所述半導體包含矽、鍺、矽鍺以及砷化鎵中之至少一者。

33. 如實施例 27 至 32 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質材料在所述矽藻殼之外表面上。

34. 如實施例 27 至 33 中任一項所述之裝置，其中所述表面改質材料在所述矽藻殼之內表面上。

35. 如實施例 1 至 34 中任一項所述之裝置，其中所述第一電極包括導電填充劑。

36. 如實施例 1 至 35 中任一項所述之裝置，其中所述第二電極包括導電填充劑。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

括最長軸。

63. 如實施例 62 所述之膜，其中所述最長軸在約 5 微米至約 20 微米之範圍內。

64. 如實施例 54 至 63 中任一項所述之膜，其中所述性質包括孔隙率。

65. 如實施例 64 所述之膜，其中所述孔隙率在約 20%至約 50%之範圍內。

66. 如實施例 54 至 65 中任一項所述之膜，其中所述性質包括機械強度。

67. 如實施例 53 至 66 中任一項所述之膜，其中所述矽藻殼包括表面改質結構。

68. 如實施例 67 所述之膜，其中所述表面改質結構包含導電材料。

69. 如實施例 68 所述之膜，其中所述導電材料包含銀、鋁、鉑、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。

70. 如實施例 67 至 69 中任一項所述之膜，其中所述表面改質結構包含氧化鋅 ( $ZnO$ )。

71. 如實施例 67 至 70 中任一項所述之膜，其中所述表面改質結構包含半導體。

72. 如實施例 71 所述之膜，其中所述半導體包含矽、鎵、矽鎵以及砷化鎵中之至少一者。

73. 如實施例 67 至 72 中任一項所述之膜，其中所述表面改質結構包括奈米線、奈米粒子以及具有重萼狀之結構中之至少一者。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

74. 如實施例 67 至 73 中任一項所述之膜，其中所述表面改質結構在所述矽藻殼之外表面上。

75. 如實施例 67 至 74 中任一項所述之膜，其中所述表面改質結構在所述矽藻殼之內表面上。

76. 如實施例 53 至 75 中任一項所述之膜，其中所述矽藻殼包括表面改質材料。

77. 如實施例 76 所述之膜，其中表面改質材料包含導電材料。

78. 如實施例 77 所述之膜，其中所述導電材料包含銀、鋁、鉭、銅、鋰、鎂以及黃銅中之至少一者。

79. 如實施例 76 至 78 中任一項所述之膜，其中所述表面改質材料包含氧化鋅 ( $ZnO$ )。

80. 如實施例 76 至 79 中任一項所述之膜，其中所述表面改質材料包含半導體。

81. 如實施例 80 所述之膜，其中所述半導體包含矽、鎗、矽鎗以及砷化鎵中之至少一者。

82. 如實施例 76 至 81 中任一項所述之膜，其中所述表面改質材料在所述矽藻殼之外表面上。

83. 如實施例 76 至 82 中任一項所述之膜，其中所述表面改質材料在所述矽藻殼之內表面上。

84. 如實施例 53 至 83 中任一項所述之膜，更包括導電填充劑。

85. 如實施例 84 所述之膜，其中所述導電填充劑包括石墨碳。

86. 如實施例 84 或 85 所述之膜，其中所述導電填充劑包括石墨烯。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

177. 如實施例 176 所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括攪拌。

178. 如實施例 176 或 177 所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括震盪。

179. 如實施例 176 至 178 中任一項所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括起泡。

180. 如實施例 175 至 179 中任一項所述之方法，其中過濾包括將篩子應用於所述多個矽藻矽藻殼部分。

181. 如實施例 180 所述之方法，其中所述篩子具有約 5 微米至約 10 微米之目徑。

182. 如實施例 180 所述之方法，其中所述篩子具有約 7 微米之目徑。

183. 如實施例 160 至 182 中任一項所述之方法，更包括獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分。

184. 如實施例 183 所述之方法，其中獲得所述經洗滌之矽藻矽藻殼部分包括在移除所述有機污染物及所述無機污染物中之至少一者後，使用清洗溶劑洗滌所述多個矽藻矽藻殼部分。

185. 如實施例 183 或 184 所述之方法，其中獲得所述經洗滌之矽藻矽藻殼部分包括使用清洗溶劑洗滌具有所述至少一個共同特性之所述矽藻矽藻殼部分。

186. 如實施例 184 或 185 所述之方法，更包括移除所述清洗溶劑。

187. 如實施例 186 所述之方法，其中移除所述清洗溶劑包括在移除所述有機污染物及所述無機污染物中之至少一者後沈降所

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

述多個矽藻矽藻殼部分。

188. 如實施例 186 或 187 所述之方法，其中移除所述清洗溶劑包括沈降具有所述至少一個共同特性之所述多個矽藻矽藻殼部分。

189. 如實施例 187 或 188 所述之方法，其中沈降包括離心。

190. 如實施例 189 所述之方法，其中離心包括應用適於大規模處理之離心機。

191. 如實施例 190 所述之方法，其中離心包括應用盤式堆疊離心機、傾析離心機以及管式離心機中之至少一者。

192. 如實施例 184 至 191 中任一項所述之方法，其中所述分散溶劑及所述清洗溶劑中之至少一者包括水。

193. 如實施例 160 至 192 中任一項所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中及將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述界面活性劑中之至少一者包括音波處理所述多個矽藻矽藻殼。

194. 如實施例 160 至 193 中任一項所述之方法，其中所述界面活性劑包括陽離子界面活性劑。

195. 如實施例 194 所述之方法，其中所述陽離子界面活性劑包括氯化苄烷銨、西曲溴銨、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羥丙基二甲基氯化銨、苄索氯銨、博尼杜克、二甲基二(十八烷基)氯化銨以及氫氧化四甲基銨中之至少一者。

196. 如實施例 160 至 195 中任一項所述之方法，其中所述界面活性劑包括非離子界面活性劑。

197. 如實施例 196 所述之方法，其中所述非離子界面活性劑

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

物及無機污染物中之至少一者。

215. 如實施例 212 至 214 中任一項所述之方法，更包括將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於界面活性劑中，所述界面活性劑減少所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

216. 如實施例 212 至 215 中任一項所述之方法，其中所述至少一個共同特性包括尺寸、形狀、材料以及破碎程度中之至少一者。

217. 如實施例 216 所述之方法，其中所述尺寸包括長度及直徑中之至少一者。

218. 如實施例 212 至 217 中任一項所述之方法，其中固體混合物包括所述多個矽藻矽藻殼部分。

219. 如實施例 218 所述之方法，更包括減小所述固體混合物之粒子尺寸。

220. 如實施例 219 所述之方法，其中減小所述固體混合物之粒子尺寸是在將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中之前進行。

221. 如實施例 219 或 220 所述之方法，其中減小所述粒子尺寸包括研磨所述固體混合物。

222. 如實施例 221 所述之方法，其中研磨所述固體混合物包括將研鉢及研杵、罐磨機以及碎石機中之至少一者應用於所述固體混合物。

223. 如實施例 219 至 222 中任一項所述之方法，更包括提取所述固體混合物之最長組分尺寸大於所述多個矽藻矽藻殼部分之最長矽藻殼部分尺寸之組分。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

224. 如實施例 223 所述之方法，其中提取所述固體混合物之組分包括篩分所述固體混合物。

225. 如實施例 224 所述之方法，其中篩分所述固體混合物包括使用具有約 15 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理所述固體混合物。

226. 如實施例 224 所述之方法，其中篩分所述固體混合物包括使用具有約 10 微米至約 25 微米之目徑的篩子處理所述固體混合物。

227. 如實施例 212 至 226 中任一項所述之方法，更包括揀選所述多個矽藻矽藻殼部分以使第一矽藻矽藻殼部分與第二矽藻矽藻殼部分分離，所述第一矽藻矽藻殼部分具有較大最長尺寸。

228. 如實施例 227 所述之方法，其中所述第一矽藻矽藻殼部分包括多個未破碎的矽藻矽藻殼部分。

229. 如實施例 227 或 228 所述之方法，其中所述第二矽藻矽藻殼部分包括多個破碎的矽藻矽藻殼部分。

230. 如實施例 227 至 229 中任一項所述之方法，其中揀選包括過濾所述多個矽藻矽藻殼部分。

231. 如實施例 230 所述之方法，其中過濾包括干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結。

232. 如實施例 231 所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括攪拌。

233. 如實施例 231 或 232 所述之方法，其中干擾所述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括震盪。

234. 如實施例 231 至 233 中任一項所述之方法，其中干擾所

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

述多個矽藻矽藻殼部分之聚結包括起泡。

235. 如實施例 230 至 234 中任一項所述之方法，其中過濾包括將篩子應用於所述多個矽藻矽藻殼部分。

236. 如實施例 235 所述之方法，其中所述篩子具有約 5 微米至約 10 微米之目徑。

237. 如實施例 235 所述之方法，其中所述篩子具有約 7 微米之目徑。

238. 如實施例 212 至 237 中任一項所述之方法，更包括獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分。

239. 如實施例 238 所述之方法，其中獲得所述經洗滌之矽藻矽藻殼部分包括在移除所述有機污染物及所述無機污染物中之至少一者後，使用清洗溶劑洗滌所述多個矽藻矽藻殼部分。

240. 如實施例 238 或 239 所述之方法，其中獲得所述經洗滌之矽藻矽藻殼部分包括使用清洗溶劑洗滌具有所述至少一個共同特性之所述矽藻矽藻殼部分。

241. 如實施例 239 或 240 所述之方法，更包括移除所述清洗溶劑。

242. 如實施例 241 所述之方法，其中移除所述清洗溶劑包括在移除所述有機污染物及所述無機污染物中之至少一者後沈降所述多個矽藻矽藻殼部分。

243. 如實施例 241 或 242 所述之方法，其中移除所述清洗溶劑包括沈降具有所述至少一個共同特性之所述多個矽藻矽藻殼部分。

244. 如實施例 242 或 243 所述之方法，其中沈降包括離心。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

245. 如實施例 244 所述之方法，其中離心包括應用適於大規模處理之離心機。

246. 如實施例 245 所述之方法，其中離心包括應用盤式堆疊離心機、傾析離心機以及管式離心機中之至少一者。

247. 如實施例 240 至 246 中任一項所述之方法，其中所述分散溶劑及所述清洗溶劑中之至少一者包括水。

248. 如實施例 215 至 247 中任一項所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中及將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述界面活性劑中之至少一者包括音波處理所述多個矽藻矽藻殼。

249. 如實施例 215 至 248 中任一項所述之方法，其中所述界面活性劑包括陽離子界面活性劑。

250. 如實施例 249 所述之方法，其中所述陽離子界面活性劑包括氯化苄烷銨、西曲溴銨、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羅丙基二甲基氯化銨、苄索氯銨、博尼杜克、二甲基二(十八烷基)氯化銨以及氫氧化四甲基銨中之至少一者。

251. 如實施例 212 至 250 中任一項所述之方法，其中所述界面活性劑包括非離子界面活性劑。

252. 如實施例 251 所述之方法，其中所述非離子界面活性劑包括鯨蠟醇、硬脂醇、鯨蠟硬脂醇、油醇、聚氧乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚氧乙二醇辛酚醚、辛酚乙氧基化物 (Triton X-100<sup>TM</sup>)、壬苯醇醚-9、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯以及泊洛沙姆中之至少一者。

253. 如實施例 212 至 252 中任一項所述之方法，更包括將所

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

之目徑。

293. 如實施例 267 至 292 中任一項所述之方法，更包括獲得經洗滌之矽藻矽藻殼部分。

294. 如實施例 293 所述之方法，其中獲得所述經洗滌之矽藻矽藻殼部分包括在移除所述有機污染物及所述無機污染物中之至少一者後，使用清洗溶劑洗滌所述多個矽藻矽藻殼部分。

295. 如實施例 293 或 294 所述之方法，其中獲得所述經洗滌之矽藻矽藻殼部分包括使用清洗溶劑洗滌具有所述至少一個共同特性之所述矽藻矽藻殼部分。

296. 如實施例 294 或 295 所述之方法，更包括移除所述清洗溶劑。

297. 如實施例 296 所述之方法，其中移除所述清洗溶劑包括在移除所述有機污染物及所述無機污染物中之至少一者後沈降所述多個矽藻矽藻殼部分。

298. 如實施例 296 或 297 所述之方法，其中移除所述清洗溶劑包括沈降具有所述至少一個共同特性之所述多個矽藻矽藻殼部分。

299. 如實施例 297 或 298 所述之方法，其中沈降包括離心。

300. 如實施例 299 所述之方法，其中離心包括應用適於大規模處理之離心機。

301. 如實施例 300 所述之方法，其中離心包括應用盤式堆疊離心機、傾析離心機以及管式離心機中之至少一者。

302. 如實施例 295 至 301 中任一項所述之方法，其中所述分散溶劑及所述清洗溶劑中之至少一者包括水。

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

303. 如實施例 269 至 302 中任一項所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中及將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述界面活性劑中之至少一者包括音波處理所述多個矽藻矽藻殼。

304. 如實施例 267 至 303 中任一項所述之方法，其中所述界面活性劑包括陽離子界面活性劑。

305. 如實施例 304 所述之方法，其中所述陽離子界面活性劑包括氯化苄烷銨、西曲溴銨、月桂基甲基葡萄糖醚-10 羅丙基二甲基氯化銨、苄索氯銨、博尼杜克、二甲基二(十八烷基)氯化銨以及氫氧化四甲基銨中之至少一者。

306. 如實施例 267 至 305 中任一項所述之方法，其中所述界面活性劑包括非離子界面活性劑。

307. 如實施例 306 所述之方法，其中所述非離子界面活性劑包括鯨蠟醇、硬脂醇、鯨蠟硬脂醇、油醇、聚氧乙二醇烷基醚、辛乙二醇單十二醚、糖苷烷基醚、癸基糖苷、聚氧乙二醇辛酚醚、辛酚乙氧基化物 (Triton X-100<sup>TM</sup>)、壬苯醇醚-9、月桂酸甘油酯、聚山梨醇酯以及泊洛沙姆中之至少一者。

308. 如實施例 267 至 307 中任一項所述之方法，更包括將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中。

309. 如實施例 308 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中是在將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中之前進行。

310. 如實施例 308 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中是在將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

活性劑中之後進行。

311. 如實施例 308 所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼分散於添加劑組分中與將所述多個矽藻矽藻殼分散於所述界面活性劑中至少部分同時發生。

312. 如實施例 308 至 311 中任一項所述之方法，其中所述添加劑組分包括氯化鉀、氯化銨、氫氧化銨以及氫氧化鈉中之至少一者。

313. 如實施例 269 至 312 中任一項所述之方法，其中將所述多個矽藻矽藻殼部分分散於所述分散溶劑中包括獲得包括約 1 重量百分比至約 5 重量百分比之所述多個矽藻矽藻殼部分之分散液。

314. 如實施例 270 至 313 中任一項所述之方法，其中移除所述有機污染物包括在漂白劑存在下加熱所述多個矽藻矽藻殼部分。

315. 如實施例 314 所述之方法，其中所述漂白劑包括過氧化氫及硝酸中之至少一者。

316. 如實施例 315 所述之方法，其中加熱包括在包括範圍為約 10 體積百分比至約 20 體積百分比之量的過氧化氫的溶液中加熱所述多個矽藻矽藻殼部分。

317. 如實施例 314 至 316 中任一項所述之方法，其中加熱包括加熱所述多個矽藻矽藻殼部分約 5 分鐘至約 15 分鐘之持續時間。

318. 如實施例 270 至 317 中任一項所述之方法，其中移除所述有機污染物包括將所述多個矽藻矽藻殼部分退火。

319. 如實施例 270 至 318 中任一項所述之方法，其中移除所

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

述無機污染物包括使所述多個矽藻矽藻殼部分與鹽酸及硫酸中之至少一者組合。

320. 如實施例 319 所述之方法，其中組合包括將所述多個矽藻矽藻殼部分混合於包括約 15 體積百分比至約 25 體積百分比之鹽酸的溶液中。

321. 如實施例 320 所述之方法，其中所述混合持續約 20 分鐘至約 40 分鐘。

322. 一種在矽藻矽藻殼部分上形成銀奈米結構之方法，所述方法包括：

在所述矽藻矽藻殼部分之表面上形成銀晶種層；及

在所述晶種層上形成奈米結構。

323. 如實施例 322 所述之方法，其中所述奈米結構包括塗層、奈米線、奈米板、奈米粒子之緻密陣列、奈米帶以及奈米盤中之至少一者。

324. 如實施例 322 或 323 所述之方法，其中所述奈米結構包括銀。

325. 如實施例 322 至 324 中任一項所述之方法，其中形成所述銀晶種層包括將循環加熱方案應用於第一銀供給組分及所述矽藻矽藻殼部分。

326. 如實施例 325 所述之方法，其中應用所述循環加熱方案包括應用循環微波功率。

327. 如實施例 326 所述之方法，其中應用所述循環微波功率包括使微波功率在約 100 瓦與 500 瓦之間交替。

328. 如實施例 327 所述之方法，其中交替包括每分鐘交替所

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

習此項技術者基於本揭露內容應易於明瞭屬於本發明之範疇內的其他改變。亦考量了可進行實施例之特定特徵及態樣的不同組合或子組合，且其仍屬於本發明之範疇內。應瞭解，所揭露之實施例的不同特徵及態樣可彼此組合或相互替代，以便形成所揭露之本發明之實施例的不同模式。因此，意圖本文中所揭露之本發明之範疇不應由上述之特定實施例限制。

**【0303】** 本文中所提供之標題（若存在）僅為方便起見，且不一定影響本文中所揭露之裝置及方法的範疇或含義。

## 【符號說明】

### 【0304】

10：矽藻殼

12：多孔表面

14：開口

20：矽藻殼分離製程

50：矽藻殼

52：表面改質結構

60：矽藻矽藻殼

60A：矽藻矽藻殼片

62：銀晶種

64：銀奈米結構

70：矽藻殼

72：晶種

74：奈米線

為第 102125475 號中文說明書無劃線修正頁

修正日期:102 年 11 月 15 日

76 : 奈米板

100 : 能量儲存裝置

110 : 集電器

120 : 集電器

130 : 分離器

140 : 第一電極

150 : 第二電極

300 : 分離器或膜

320 : 砂藻殼

340 : 電解質

360 : 聚合物

400 : 電極或膜

420 : 砂藻殼

460 : 導電填充劑

I649208

為第 102125475 號中文摘要無劃線修正本

修正日期:102 年 11 月 15 日

## 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

**【發明名稱】**能量儲存裝置、能量儲存裝置之膜與用於印刷薄膜之墨水

ENERGY STORAGE DEVICES, MEMBRANE  
THEREOF AND INK FOR PRINTED FILM

### 【中文】

本發明提供一種印刷能量儲存裝置，其包含第一電極、第二電極以及在第一與第二電極之間的分離器。第一電極、第二電極以及分離器中之至少一者包含矽藻殼，例如來自矽藻。矽藻殼可具有均一或實質上均一的性質或屬性，諸如形狀、尺寸及/或孔隙率。矽藻殼之性質或屬性亦可藉由將表面改質結構及/或材料施加或形成於矽藻殼之表面而經改質。用於能量儲存裝置之膜包含矽藻殼。用於印刷薄膜之墨水包含矽藻殼。

### 【英文】

A printed energy storage device includes a first electrode, a second electrode, and a separator between the first and the second electrode. At least one of the first electrode, the second electrode, and the separator includes frustules, for example of diatoms. The frustules may have a uniform or substantially uniform property or attribute such as shape, dimension, and/or

為第 102125475 號中文摘要無劃線修正本

修正日期:102 年 11 月 15 日

porosity. A property or attribute of the frustules can also be modified by applying or forming a surface modifying structure and/or material to a surface of the frustules. A membrane for an energy storage device includes frustules. An ink for a printed film includes frustules.

### 【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 7。

【本代表圖之符號簡單說明】：

300：分離器或膜

320：矽藻殼

340：電解質

360：聚合物

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

107-09-11

## 申請專利範圍

1. 一種印刷能量儲存裝置，包括：

陰極；以及

陽極；

其中所述陰極與所述陽極中之至少一者包含矽藻殼，且其中所述矽藻殼包括表面改質結構，所述表面改質結構包括電極活性材料。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述矽藻殼具有均一的性質，所述均一的性質包含矽藻殼形狀、矽藻殼尺寸、矽藻殼孔隙率、矽藻殼機械強度、矽藻殼材料以及矽藻殼破碎程度中之至少一者。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述表面改質結構覆蓋所述矽藻殼之所有表面。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述表面改質結構包括導電材料。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述表面改質結構包括半導體材料。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述表面改質結構包括鋅氧化物奈米結構。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述表面改質結構包括碳奈米結構。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之能量儲存裝置，其中所述表面改質結構包括介於 10 奈米至 500 奈米之間的厚度。

9. 如申請專利範圍第 1 項至第 8 項中任一項所述之印刷能量

儲存裝置，更包括在所述陰極與所述陽極之間的分離器，所述分離器包括：

矽藻殼；

電解質；以及

聚合物，

其中所述分離器為電絕緣的。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之能量儲存裝置，其中所述分離器的所述矽藻殼不包括表面改質結構。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之能量儲存裝置，其中所述分離器的所述矽藻殼具有均一的性質。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之印刷能量儲存裝置，其中所述分離器的所述矽藻殼的所述均一的性質包含矽藻殼形狀、矽藻殼尺寸、矽藻殼孔隙率、矽藻殼機械強度、矽藻殼材料以及矽藻殼破碎程度中之至少一者。

13. 一種用於印刷薄膜之墨水，包括：

溶劑；

聚合物與聚合物前驅體中的至少一者，位於所述溶劑中；以及

分散於所述溶劑中之矽藻殼，

其中所述矽藻殼包括表面改質結構，所述表面改質結構包括電極活性材料，且

其中所述墨水用以印刷以形成印刷薄膜或包括所述印刷薄膜的能量儲存裝置的電極。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述之用於印刷薄膜之墨水，其

中所述矽藻殼包括多個破碎的矽藻殼部分，所述多個破碎的矽藻殼部分各自包括多個穿孔。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之用於印刷薄膜之墨水，其中所述多個破碎的矽藻殼部分更包括金屬奈米結構，其中所述金屬奈米結構包括在所述破碎的矽藻殼部分之表面上的銀奈米結構。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之用於印刷薄膜之墨水，其中所述多個穿孔中之至少一者包括具有銀奈米結構之表面。

17. 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項所述之用於印刷薄膜之墨水，更包括紫外光敏感聚合物前驅體。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之用於印刷薄膜之墨水，其中所述紫外光敏感聚合物前驅體對波長比所述多個穿孔之尺寸短的光輻射敏感。

19. 如申請專利範圍第 13 項所述之用於印刷薄膜之墨水，其中所述表面改質結構包含碳奈米管及鋅氧化物奈米結構中之至少一者。

20. 一種能量儲存裝置，包括在所述能量儲存裝置的電極之間的分離器，所述分離器包括：

矽藻殼；

電解質；以及

聚合物，

其中所述矽藻殼具有均一的性質，所述均一的性質包含矽藻殼孔隙率、矽藻殼機械強度、矽藻殼材料以及矽藻殼破碎程度中之至少一者。