

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成19年8月16日(2007.8.16)

【公開番号】特開2007-123825(P2007-123825A)

【公開日】平成19年5月17日(2007.5.17)

【年通号数】公開・登録公報2007-018

【出願番号】特願2006-176863(P2006-176863)

【国際特許分類】

H 01 L 21/318 (2006.01)

H 01 L 21/8247 (2006.01)

H 01 L 29/792 (2006.01)

H 01 L 29/788 (2006.01)

H 01 L 27/115 (2006.01)

【F I】

H 01 L 21/318 A

H 01 L 21/318 C

H 01 L 21/318 M

H 01 L 29/78 3 7 1

H 01 L 27/10 4 3 4

【手続補正書】

【提出日】平成19年6月28日(2007.6.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板の表面を窒化する第1窒化ガスと、製造中に前記半導体基板と実質的に反応しない第1希釈ガスとを含み、前記第1希釈ガスの分圧と前記第1窒化ガスの分圧の和と、前記第1窒化ガスの分圧との比が5以上でかつ全圧が3 Torr以上40 Torr以下である雰囲気中に前記半導体基板を置き、前記半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記第1窒化ガスは、NH₃、ラジカルN^{*}、ラジカルN₂^{*}のいずれかであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

前記雰囲気の全圧は30Torr以下であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】

前記第1希釈ガスは、N₂ガスを含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】

前記第1希釈ガスは、前記半導体基板と前記窒化膜との界面の原子振動エネルギーに近い固有振動エネルギーを有する成分を含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】

前記半導体基板の表面に前記窒化膜を形成した後、前記半導体基板を、前記半導体基板

と実質的に反応しないガスの雰囲気中に置き、熱処理する工程を更に備えたことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】

前記半導体基板と実質的に反応しないガスはN₂ガスまたはHeガスのいずれかであることを特徴とする請求項6記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】

前記窒化膜を形成する雰囲気は、前記第1希釈ガスの分圧と前記第1窒化ガスの分圧の和と、前記第1窒化ガスの分圧との比が10000以下であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】

前記窒化膜は700以上850以下の温度で形成することを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】

半導体基板の表面を窒化する第1窒化ガスと、製造中に前記半導体基板と実質的に反応しない第1希釈ガスとを含み、前記第1希釈ガスの分圧と前記第1窒化ガスの分圧の和と、前記第1窒化ガスの分圧との比が5以上でかつ全圧が3Torr以上40Torr以下である雰囲気中に前記半導体基板を置き、前記半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程と、

ラジカルな第2窒化ガスの雰囲気中に、表面に前記窒化膜が形成された前記半導体基板を置き、前記半導体基板と前記窒化膜との間に第1窒化層を形成するとともに前記窒化膜上に第2窒化層を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項11】

前記窒化膜の膜厚は、4以上1nm以下であることを特徴とする請求項10記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】

前記第2窒化ガスは、N^{*}またはN₂^{*}のいずれかであることを特徴とする請求項10記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】

半導体基板の表面を窒化する第1窒化ガスと、製造中に前記半導体基板と実質的に反応しない第1希釈ガスとを含み、前記第1希釈ガスの分圧と前記第1窒化ガスの分圧の和と、前記第1窒化ガスの分圧との比が5以上でかつ全圧が3Torr以上40Torr以下である雰囲気中に前記半導体基板を置き、前記半導体基板の表面に窒化膜を形成する工程と、

表面に前記窒化膜が形成された前記半導体基板を、酸化ガスと、製造中に前記半導体基板と実質的に反応しない第2希釈ガスとを含む雰囲気中に置き、前記半導体基板と前記窒化膜との間に第1酸窒化層を形成するとともに前記窒化膜の表面に第2酸窒化層を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項14】

前記酸化ガスは、O₂、N₂O、NO、O^{*}のいずれかであることを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】

前記第2希釈ガスはN₂ガスであることを特徴とする請求項13または14に記載の半導体装置。

【請求項16】

前記窒化膜を形成する工程と前記第1酸窒化層を形成する工程との間に、表面に前記窒化膜が形成された前記半導体基板を、前記半導体基板と実質的に反応しないガスの雰囲気中に置き、第1熱処理する工程を更に備えたことを特徴とする請求項13乃至15のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 17】

前記第1および第2酸窒化層を形成する工程は、800以上950以下であることを特徴とする請求項13乃至16のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 18】

前記第1および第2酸窒化層を形成した後、前記半導体基板を、前記半導体基板と実質的に反応しないガスの雰囲気中に置き、第2熱処理する工程を更に備えたことを特徴とする請求項13乃至17のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 19】

前記半導体基板と実質的に反応しないガスはN₂ガスまたはHeガスのいずれかであることを特徴とする請求項18記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 20】

前記第1および第2酸窒化層を形成した後、前記第2熱処理をする前に、前記第2酸窒化層に窒素を導入する工程を更に備えたことを特徴とする請求項18または19のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 21】

前記窒化膜は、フロー・ティングゲート型不揮発性メモリのトンネル絶縁膜に含まれることを特徴とする請求項1乃至20のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 22】

前記窒化膜は、MONOS型不揮発性メモリのトンネル絶縁膜に含まれることを特徴とする請求項1乃至20のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 23】

前記窒化膜は、MISFETのゲート絶縁膜に含まれることを特徴とする請求項1乃至20のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【手続補正2】**【補正対象書類名】明細書****【補正対象項目名】0031****【補正方法】変更****【補正の内容】****【0031】**

検証の結果、N₂ガスを含む希釈ガスを窒化ガスに混入してシリコン窒化膜を形成するメカニズムが次のとおりであることを本発明者達は発見した。

(1)シリコン基板表面に到達した希釈ガスは、シリコン表面を泳動しているシリコン原子と衝突し、シリコン原子の運動エネルギーを奪う。

(2)これにより、シリコン基板表面の原子の動きが準静的になる。

(3)窒素原子は基板表面のシリコンの第2原子層が一番安定な吸着サイトであるから(例えば、K. Kato, Y. Nakasaki, D. Matsushita, and K. Muraoka, "Uniform Sub-nm Nitridation on Si(100) through Strong N Condensation", Proc. 27th ICPS, 2005, pp395-396、参照)、第2原子層に集中的に吸着しつつ、ストレスによりシリコン原子が吐き出される。吐き出されたシリコン原子は表面を泳動するが、N₂により動きを奪われるためシリコン基板表面およびシリコン基板中まで拡散することは少なく、降ってきた窒化ガスNH₃と反応し、格子間シリコンの発生が抑えられる。