

【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 0 1 L 21/318 (2006.01)
H 0 1 L 21/8247 (2006.01)
H 0 1 L 29/792 (2006.01)
H 0 1 L 29/788 (2006.01)
H 0 1 L 27/115 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/318 A
 H 0 1 L 21/318 C
 H 0 1 L 21/318 M
 H 0 1 L 29/78 3 7 1
 H 0 1 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 T o r r 以上 4 0 T o r r 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、 NH_3 、ラジカル N^* 、ラジカル N_2^* 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 3 0 T o r r 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、 N_2 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 N_2 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 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 1 nm 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 N_2^* 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 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 酸化層を形成するとともに前記窒化膜の表面に第 2 酸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、 O_2 、 N_2O 、 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 N_2 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 N_2 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】

前記酸化膜は、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】

前記酸化膜は、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】

前記酸化膜は、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、 N_2 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、 N_2 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 NH_3 と反応し、格子間シリコンの発生が抑えられる。