

【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】令和 3 年 3 月 11 日 (2021.3.11)

【公表番号】特表 2020-509608 (P2020-509608A)

【公表日】令和 2 年 3 月 26 日 (2020.3.26)

【年通号数】公開・登録公報 2020-012

【出願番号】特願 2019-562235 (P2019-562235)

【国際特許分類】

H 0 1 L 39/24 (2006.01)

H 0 1 L 21/768 (2006.01)

H 0 1 L 23/522 (2006.01)

H 0 1 L 21/3205 (2006.01)

H 0 1 L 27/18 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 39/24 Z A A W

H 0 1 L 21/90 B

H 0 1 L 21/88 S

H 0 1 L 27/18

【手続補正書】

【提出日】令和 3 年 1 月 25 日 (2021.1.25)

【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】

超伝導集積回路を製造するための方法であって、前記方法が、

基板上に第 1 の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第 1 の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第 1 の超伝導金属層をパターニングして第 1 の配線層を形成することであって、前記第 1 の配線層が、1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組を含む、形成することと、

前記第 1 の配線層の少なくとも一部分の上に重なるように第 2 の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第 2 の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第 2 の超伝導金属層をパターニングして前記第 2 の超伝導金属層内に第 1 の複数の超伝導スタッドビアを形成することであって、前記第 1 の複数の超伝導スタッドビアの各超伝導スタッドビアが、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合される、形成することと、

前記複数の超伝導スタッドビアのうちの少なくとも 1 つの上に重なるように力学インダクタンス層を堆積させることであって、前記力学インダクタンス層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である材料を含み、前記材料が、前記力学インダクタンス層内に貯蔵されたエネルギーのより大きな割合を磁気インダクタンスよりも力学インダクタンスとして貯蔵させる、堆積させることと、を含む、方法。

【請求項 2】

基板上に第 1 の超伝導金属層を堆積させることが、ケイ素を含む基板上に第 1 の超伝導金属層を堆積させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

第 1 の超伝導金属層を堆積させることが、ニオブ及びアルミニウムのうちの少なくとも 1 つを含む第 1 の超伝導金属層を堆積させることを含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

第 1 の超伝導金属層を堆積させることが、ニオブからなる第 1 の超伝導金属層を堆積させることを含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 5】

第 2 の超伝導金属層を堆積させることが、アルミニウム及びニオブのうちの少なくとも 1 つを含む第 2 の超伝導金属層を堆積させることを含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 6】

力学インダクタンス層を堆積させることが、窒化チタン (TiN)、窒化ニオブ (NbN)、窒化ニオブチタン (NbTiN)、窒化モリブデン (MoN)、及びタンゲステンシリサイド (WSi) のうちの少なくとも 1 つを含む力学インダクタンス層を堆積させることを含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 7】

窒化チタン (TiN)、窒化ニオブ (NbN)、窒化ニオブチタン (NbTiN)、窒化モリブデン (MoN)、及びタンゲステンシリサイド (WSi) のうちの少なくとも 1 つを含む力学インダクタンス層を堆積させることが、25 nm ~ 100 nm の範囲の厚さを有する力学インダクタンス層を堆積させることを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

力学インダクタンス層を堆積させることが、窒化チタン (TiN) からなる力学インダクタンス層を堆積させることを含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 9】

前記複数の超伝導スタッドビアのうちの少なくとも 1 つの超伝導スタッドビアの上に重なるように力学インダクタンス層を堆積させることが、前記複数の超伝導ビアのうちの少なくとも 2 つの上に重なるように力学インダクタンス層を堆積させることを含み、前記方法が、前記力学インダクタンス層をパターンニングして 2 つの電極を備える力学インダクタを形成することであって、各電極が、前記第 1 の複数の超伝導スタッドビアの各超伝導スタッドビアによって形成され、各電極が、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電気的に結合される、形成することを更に含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 10】

前記力学インダクタの少なくとも一部分の上に重なるように第 1 の保護層を堆積させることを更に含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

第 1 の保護層を堆積させることが、窒化ケイ素 (SiN) を含む第 1 の保護層を堆積させることを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 の保護層の少なくとも一部分の上に重なるように第 3 の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第 3 の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第 3 の超伝導金属層をパターンニングして第 2 の配線層を形成することであって、前記第 2 の配線層が、1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組を含む、形成することと、を更に含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

第 3 の超伝導金属層を堆積させることが、ニオブを含む第 3 の超伝導金属層を堆積させることを含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 3 の超伝導金属層をパターンニングすることが、前記第 3 の超伝導金属層をパターンニングして、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つを、前記第 1 の複数のスタッドビアの各超伝導スタッドビアによって、前記 1 つ

以上の超伝導トレースの第 1 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合することを含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記第 3 の超伝導金属層をパターニングすることが、前記第 3 の超伝導金属層をパターニングしてコンデンサを形成することを含み、前記コンデンサが、

前記第 1 の複数の超伝導スタッドビアのうちの超伝導スタッドビアにより形成された第 1 の電極と、

前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記トレースのうちの 1 つの少なくとも一部分によって形成された第 2 の電極と、を備え、前記第 1 及び前記第 2 の電極が、前記第 1 の保護層の少なくとも一部分によって、かつ前記力学インダクタンス層の少なくとも一部分によって分離されている、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記第 2 の配線層の少なくとも一部分の上に重なるように第 4 の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第 4 の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第 4 の超伝導金属層をパターニングして第 2 の複数の超伝導スタッドビアを形成することであって、前記第 2 の複数の超伝導スタッドビアの各超伝導スタッドビアが、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合される、形成することと、を更に含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 7】

中間層を伴うか又は伴わないかのいずれかで、前記第 4 の超伝導金属層の少なくとも一部分の上に重なるように第 2 の保護層を堆積させることと、

前記第 2 の保護層の少なくとも一部分の上に重なるように第 5 の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第 5 の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第 5 の超伝導金属層をパターニングして第 3 の配線層を形成することであって、前記第 3 の配線層が、1 つ以上の超伝導トレースの第 3 の組を含む、形成することと、を更に含む、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

第 5 の超伝導金属層を堆積させることが、ニオブ及びアルミニウムのうちの少なくとも 1 つを含む第 5 の超伝導金属層を堆積させることを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記第 5 の超伝導金属層をパターニングすることが、前記第 5 の超伝導金属層をパターニングして、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 3 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つを、前記第 2 の複数のスタッドビアの各超伝導スタッドビアによって、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合することを含む、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記第 5 の超伝導金属層をパターニングすることが、前記第 5 の超伝導金属層をパターニングしてコンデンサを形成することを含み、前記コンデンサが、

前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 3 の組内の前記トレースのうちの 1 つの少なくとも一部分によって形成された第 1 の電極と、

前記第 2 の複数の超伝導ビアのうちの超伝導スタッドビアによって形成された第 2 の電極と、を備え、前記第 1 及び前記第 2 の電極が、前記第 2 の保護層の少なくとも一部分によって分離されている、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 1】

超伝導集積回路であって、

基板に重なった 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組を含む第 1 の配線層であって、前記第 1 の配線層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、第 1 の配線層と、

第 1 の複数の超伝導スタッドビアであって、前記超伝導スタッドビアが、それぞれの温

度範囲内で超伝導性であり、前記第 1 の複数の超伝導スタッドビアの各超伝導スタッドビアが、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組内の 1 つ以上の超伝導トレースに電氣的に結合されている、第 1 の複数の超伝導スタッドビアと、

前記複数の超伝導スタッドビアのうちの少なくとも 1 つの上に重なった力学インダクタンス層であって、前記力学インダクタンス層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である材料を含み、前記材料が、前記力学インダクタンス層内に貯蔵されたエネルギーのより大きな割合を磁気インダクタンスよりも力学インダクタンスとして貯蔵させる、力学インダクタンス層と、を備える、超伝導集積回路。

【請求項 2 2】

前記力学インダクタンス層が、窒化チタン (TiN) を含む、請求項 2 1 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 3】

前記力学インダクタンス層が、前記複数の超伝導スタッドビアのうちの少なくとも 2 つの上に重なり、前記超伝導集積回路が、力学インダクタを形成するために、前記力学インダクタンス層の少なくとも一部分の上に重なった保護層を更に備え、前記力学インダクタが、少なくとも 2 つの電極を備え、各電極が、前記第 1 の複数の超伝導スタッドビアの各超伝導スタッドビアによって、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合されている、請求項 2 1 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 4】

前記保護層が、窒化ケイ素 (SiN) を含む、請求項 2 3 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 5】

第 2 の配線層を更に備え、前記第 2 の配線層が、1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組を備え、前記第 2 の配線層の前記 1 つ以上の超伝導トレースが、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、請求項 2 1 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 6】

前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記超伝導トレースのうちの少なくとも 1 つが、前記第 1 の複数の超伝導スタッドビアの前記超伝導スタッドビアのうちの少なくとも 1 つによって、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組内の前記超伝導トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合されている、請求項 2 5 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 7】

コンデンサを更に備え、前記コンデンサが、

前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 1 の組内の前記トレースのうちの 1 つの少なくとも一部分によって形成された第 1 の電極と、

前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記トレースのうちの 1 つの少なくとも一部分によって形成された第 2 の電極と、を含み、前記第 1 及び前記第 2 の電極が、前記保護層の少なくとも一部分によって分離されている、請求項 2 5 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 8】

前記第 2 の配線層の少なくとも一部分の上に重なる第 2 の複数の超伝導スタッドビアを更に備え、前記第 2 の複数の超伝導スタッドビアの各超伝導スタッドビアが、前記 1 つ以上の超伝導トレースの第 2 の組内の前記トレースのうちの少なくとも 1 つに電氣的に結合されている、請求項 2 5 に記載の超伝導集積回路。

【請求項 2 9】

超伝導集積回路を製造するための方法であって、前記方法が、

基板上に第 1 の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第 1 の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第 1 の超伝導金属層をパターンニングして配線層を形成することであって、前記配線層が、1 組の 1 つ以上の超伝導トレースを含む、形成することと、

前記配線層の少なくとも一部分の上に重なるようにエッチングストップ層を堆積させる

ことであって、前記エッチングストップ層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記エッチングストップ層の少なくとも一部分の上に重なるように第2の超伝導金属層を堆積させることであって、前記第2の超伝導金属層が、それぞれの温度範囲内で超伝導性である、堆積させることと、

前記第2の超伝導金属層の少なくとも第1の部分の上に重なるようにハードマスクを堆積させることと、

前記第2の超伝導金属層の前記第1の部分及び前記第2の超伝導金属層の少なくとも第2の部分の上に重なるようにソフトマスクを堆積させることであって、前記第2の部分が、前記第1の部分とは異なり、前記ソフトマスクが、前記ハードマスクの上面及び少なくとも1つの側面を取り囲む、堆積させることと、

前記第2の超伝導金属層の少なくとも第3の部分をエッチングすることと、前記第3の部分が、前記第1の部分及び前記第2の部分とは異なり、第1及び第2の部分が、前記ソフトマスクによって保護されている、エッチングすることと、

前記第2の超伝導金属層から少なくとも1つの超伝導スタッドビアを形成することであって、前記超伝導スタッドビアが、前記1組の1つ以上の超伝導トレースのうちの少なくとも1つのトレースに電氣的に結合される、形成することと、を含む、方法。