

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3849015号
(P3849015)

(45) 発行日 平成18年11月22日(2006.11.22)

(24) 登録日 平成18年9月8日(2006.9.8)

(51) Int. Cl.	F I	
C 3 O B 29/52 (2006.01)	C 3 O B 29/52	
C 3 O B 23/08 (2006.01)	C 3 O B 23/08	M
H O 1 F 10/12 (2006.01)	H O 1 F 10/12	
H O 1 F 41/20 (2006.01)	H O 1 F 41/20	
H O 1 L 21/363 (2006.01)	H O 1 L 21/363	

請求項の数 16 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-181035 (P2002-181035)	(73) 特許権者	504157024
(22) 出願日	平成14年6月21日(2002.6.21)		国立大学法人東北大学
(65) 公開番号	特開2003-89600 (P2003-89600A)		宮城県仙台市青葉区片平2丁目1番1号
(43) 公開日	平成15年3月28日(2003.3.28)	(74) 代理人	100072051
審査請求日	平成14年6月21日(2002.6.21)		弁理士 杉村 興作
(31) 優先権主張番号	特願2001-189191 (P2001-189191)	(74) 代理人	100107227
(32) 優先日	平成13年6月22日(2001.6.22)		弁理士 藤谷 史朗
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100114292
前置審査			弁理士 来間 清志
		(72) 発明者	大野 英男
			宮城県仙台市泉区桂3-33-10
		(72) 発明者	松倉 文▲礼▼
			宮城県仙台市青葉区五橋2-7-25-A-31

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 閃亜鉛鉱型 Cr S b の製造方法、及び多層膜構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の基材上に、III - V 族化合物半導体下地層を形成した後、このIII - V 族化合物半導体下地層上に、M B E 法により Cr S b をエピタキシャル成長させて、閃亜鉛鉱型の結晶構造を有する Cr S b を作製することを特徴とする、閃亜鉛鉱型 Cr S b の製造方法。

【請求項 2】

前記III - V 族化合物半導体下地層の厚さが、2 ~ 1000 nmであることを特徴とする、請求項 1 に記載の閃亜鉛鉱型 Cr S b の製造方法。

【請求項 3】

前記III - V 族化合物半導体下地層は、A l X G a 1 - X A s (0 < X < 1) からなることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の閃亜鉛鉱型 Cr S b の製造方法。

【請求項 4】

前記III - V 族化合物半導体下地層は、A l X G a 1 - X S b (0 < X < 1) からなることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の閃亜鉛鉱型 Cr S b の製造方法。

【請求項 5】

前記 Cr S b のエピタキシャル成長温度が、250 ~ 400 であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の閃亜鉛鉱型 Cr S b の製造方法。

【請求項 6】

前記 Cr S b のエピタキシャル成長速度が、3 ~ 50 nm / 分であることを特徴とする

、請求項 1 ~ 5 のいずれかーに記載の閃亜鉛鋅型 C r S b の製造方法。

【請求項 7】

前記閃亜鉛鋅型の結晶構造を有する C r S b の強磁性遷移温度が 4 0 0 K 以上であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれかーに記載の閃亜鉛鋅型 C r S b の製造方法。

【請求項 8】

前記基材と前記 III - V 族化合物半導体下地層との間に、III - V 族化合物半導体バッファ層を設けることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれかーに記載の閃亜鉛鋅型 C r S b の製造方法。

【請求項 9】

前記 III - V 族化合物半導体バッファ層は、2 以上の III - V 族化合物半導体層から構成されていることを特徴とする、請求項 8 に記載の閃亜鉛鋅型 C r S b の製造方法。 10

【請求項 10】

所定の基材と、この基材上に形成された III - V 族化合物半導体下地層と、この下地層上に形成された閃亜鉛鋅型の C r S b 層とを具えることを特徴とする、多層膜構造。

【請求項 11】

前記 III - V 族化合物半導体下地層の厚さが、2 ~ 1 0 0 0 nm であることを特徴とする、請求項 1 0 に記載の多層膜構造。

【請求項 12】

前記 III - V 族化合物半導体下地層は、A l X G a 1 - X A s (0 X 1) からなることを特徴とする、請求項 1 0 または 1 1 に記載の多層膜構造。 20

【請求項 13】

前記 III - V 族化合物半導体下地層は、A l X G a 1 - X S b (0 X 1) からなることを特徴とする、請求項 1 0 または 1 1 に記載の多層膜構造。

【請求項 14】

前記閃亜鉛鋅型の C r S b 層をなす C r S b の強磁性遷移温度が 4 0 0 K 以上であることを特徴とする、請求項 1 0 ~ 1 3 のいずれかーに記載の多層膜構造。

【請求項 15】

前記基材と前記 III - V 族化合物半導体下地層との間に、III - V 族化合物半導体バッファ層を有することを特徴とする、請求項 1 0 ~ 1 4 のいずれかーに記載の多層膜構造。

【請求項 16】 30

前記 III - V 族化合物半導体バッファ層は、2 以上の III - V 族化合物半導体層から構成されていることを特徴とする、請求項 1 5 に記載の多層膜構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、閃亜鉛鋅型 C r S b の製造方法、並びに前記閃亜鉛鋅型 C r S b を強磁性層として含む多層膜構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

分子線エピタキシー (M B E 法) などの結晶成長技術の発展により、半導体中への異種金属元素を高濃度でドーピングすることが可能となった。特に磁性原子を半導体に導入することにより、磁氣的機能を有する半導体の開発が盛んに研究されつつある。 40

また、半導体上に強磁性体薄膜をエピタキシャル成長させることができれば、従来の半導体エレクトロニクス技術と強磁性体の有する性質とを組み合わせ、従来にない優れた性能を有する複合デバイスが期待できる。

【0003】

C r S b は、上述した新規なデバイスの強磁性体部分を構成する材料として期待されている。しかしながら、通常のエピタキシャル成長技術を用いた場合、N i A s 型の結晶構造を有する C r S b しか得ることができなかつた。このような N i A s 型結晶構造の C r S b は、室温において反強磁性の性質を呈する。また、 50

CrSb/Sb超格子などを作製して、CrSb中に強磁性的な性質を発現させる試みもなされているが、室温において強磁性的な性質を発現させるには至っていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、室温で強磁性を示す閃亜鉛鉱型CrSbの有利な製造方法を、この閃亜鉛鉱型CrSbを強磁性層として含む多層膜構造と共に提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、所定の基材上に、III-V族化合物半導体下地層を形成した後、このIII-V族化合物半導体下地層上に、MBE法によりCrSbをエピタキシャル成長させて、閃亜鉛鉱型の結晶構造を有するCrSbを作製することを特徴とする、閃亜鉛鉱型CrSbの製造方法に関する。

10

【0007】

本発明者らは、室温で強磁性を示すCrSbを得るべく鋭意検討を実施した。その結果、上述した本発明の製造方法に従って、所定の基材上にIII-V族化合物半導体下地層を形成した後、この下地層上にCrSbをMBE法により所定の条件でエピタキシャル成長させることによって、閃亜鉛鉱型のCrSbを得た。そして、このようにして作製した閃亜鉛鉱型のCrSbは、室温より十分に高い強磁性遷移温度を示し、その結果、室温において強磁性を示すことを見出したものである。

【0008】

すなわち、上述した本発明の製造方法に従ってCrSbを作製することにより、目的とする本発明の、室温で強磁性を示す閃亜鉛鉱型のCrSbが得られるものである。したがって、このような閃亜鉛鉱型のCrSbを上述した複合デバイスにおける強磁性体部分として用いることにより、優れた複合デバイスの実現が期待できる。

20

【0009】

また、本発明の多層膜構造は、上述した本発明の製造方法に従って、上述した本発明の閃亜鉛鉱型のCrSbを得る際の結果物としても得られるものであり、所定の基材と、この基材上に形成されたIII-V族化合物半導体下地層と、この下地層上に形成された閃亜鉛鉱型のCrSb層とを具えることを特徴とする。

【0010】

このような多層膜構造は、下地層としてのIII-V族化合物半導体層上に強磁性層としてのCrSb層が形成されており、結果的に半導体層上に強磁性層が形成された構成を呈している。したがって、上述した複合デバイスの構成要素として好適に用いることができる。

30

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

上述したように、本発明の閃亜鉛鉱型のCrSbは、所定の基材上にIII-V族化合物半導体下地層を形成した後、この下地層上にMBE法を用い、エピタキシャル成長させることによって作製する。

40

【0012】

前記III-V族化合物半導体下地層の厚さは、この下地層上にMBE法によって閃亜鉛鉱型のCrSbを作製することができれば特には限定されない。しかしながら、好ましくは2~1000nmであり、さらに好ましくは40~400nmである。

【0013】

また、前記III-V族化合物半導体下地層は、公知の2元系、3元系、あるいは4元系のII-V族化合物半導体から構成することができる。そして、特には、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$)、及び $Al_xGa_{1-x}Sb$ ($0 < x < 1$)なる組成式で示される材料系から構成することが好ましい。これによって、前記下地層上に形成された前記閃亜鉛鉱型のCrSbは室温においてより大きな磁化を示すようになり、より良好な強磁性特性を

50

呈するようになる。

上述したIII-V族化合物半導体下地層は、前記所定の基材上において、MBE法など公知の成膜手法を用いて形成する。

【0014】

また、前記III-V族化合物半導体下地層上に、MBE法によりCrSbを作製する際のエピタキシャル成長温度は、好ましくは200~600であり、さらには250~450である。

【0015】

また、エピタキシャル成長速度は、好ましくは3~50nm/分であり、さらに好ましくは8~20nm/分である。

10

【0016】

以上のような工程を経ることにより、前記III-V族化合物半導体下地層上に厚さ0.3~300nm、強磁性遷移温度が400K以上の、室温で強磁性を示す閃亜鉛鉱型のCrSbを作製することができる。

【0017】

なお、前記所定の基材と前記III-V族化合物半導体下地層との間に、III-V族化合物半導体バッファ層を設けることが好ましい。これによって、前記所定の基材と前記III-V族化合物半導体下地層との間の格子定数差などを緩和して、前記III-V族化合物半導体下地層の結晶性をより向上させることができ、その結果として、目的とするCrSbの結晶性を向上させて、より大きな強磁性的特徴を引き出すことができる。

20

【0018】

具体的には、前記III-V族化合物半導体下地層を $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) から構成する場合は、同様の組成のIII-V族化合物半導体からなるIII-V族化合物半導体バッファ層を設けることが好ましい。また、前記III-V族化合物半導体下地層を $Al_xGa_{1-x}Sb$ ($0 < x < 1$) から構成する場合においても、同様の組成のIII-V族化合物半導体からなるIII-V族化合物半導体バッファ層を設けることが好ましい。

【0019】

また、前記III-V族化合物半導体バッファ層は、2以上のIII-V族化合物半導体層から構成することもできる。これによって、前記基材と前記III-V族化合物半導体下地層との格子定数差をより効果的に緩和することができ、前記III-V族化合物半導体下地層、さらにはCrSbの結晶性をさらに向上させることができる。したがって、CrSbの強磁性特性をさらに高めることができる。

30

【0020】

具体的には、前記III-V族化合物半導体下地層を $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) 又は $Al_xGa_{1-x}Sb$ ($0 < x < 1$) から構成する場合において、前記III-V族化合物半導体バッファ層をGaAs層又はAlSb層などから構成する。

なお、前記III-V族化合物半導体バッファ層の厚さは、上記基材の種類、並びに上記III-V族化合物半導体下地層の種類及び厚さなどに応じて適宜に設定する。

【0021】

また、前記III-V族化合物半導体バッファ層は、前述した所定の基材上において、例えばMBE法などの公知の成膜手法を用いて形成する。

40

【0022】

また、本発明において用いる基材の種類は特に限定されないが、上述したIII-V族化合物半導体下地層及びIII-V族化合物半導体バッファ層をエピタキシャル成長させる観点から、これらの層と同様のIII-V族化合物半導体からなる基材を用いることが好ましい。

【0023】

【実施例】

本発明の具体例を以下の実施例において示す。

(実験例1)

50

本実験例においては、本発明の製造方法に従って、閃亜鉛鉱型 CrSb を含む図 1 に示す多層膜構造を作製した。

基板として (001) GaAs 基板を用い、これを MBE 装置内に設置した。その後、前記 GaAs 基板を 580 に加熱して、前記 GaAs 基板表面に存在する図示しない酸化膜を除去した。次いで、前記 GaAs 基板を 560 にし、Ga ビームと Sb ビームとを前記 GaAs 基板上に同時に照射して、前記 GaAs 基板上に GaAs 下地層を厚さ 500 nm に形成した。

【0024】

次いで、前記 GaAs 基板温度を降下させると同時に、Sb ビームを連続して照射し、前記 GaAs 基板温度が 400 になって時点で前記 Sb ビームの照射を停止した。次いで、前記 GaAs 基板温度が 250 になった時点で、前記 GaAs 下地層上に、Cr ビームと Sb ビームとを同時に照射して前記 GaAs 下地層上に CrSb 層を厚さ 0.6 nm に形成した。

【0025】

なお、このときの CrSb 層の形成速度は 6 nm / 分であった。また、このようにして得た CrSb 層の結晶性を高速電子線回折法 (RHEED) によって調べたところ、閃亜鉛鉱型の RHEED パターンが得られていることが判明した。

【0026】

(実験例 2)

本実験例においては、本発明の製造方法に従って、閃亜鉛鉱型 CrSb を含む図 2 に示す多層膜構造を作製した。

実験例 1 と同様にして、(001) GaAs 基板を用い、これを MBE 装置内に設置した。その後、実験例 1 と同様に、前記 GaAs 基板表面に存在する図示しない酸化膜を除去した後、前記 GaAs 基板を 530 に設定して、MBE 法により前記 GaAs 基板上に GaAs バッファ層を厚さ 100 nm に形成した。次いで、前記 GaAs バッファ層上に Ga ビームと Sb ビームとを同時に供給して、GaSb 下地層を厚さ 400 nm に形成した。

【0027】

その後、前記 GaSb 下地層上に、実験例 1 と同様にして CrSb 層を厚さ 0.6 nm に形成した。このようにして得た CrSb 層の結晶性を高速電子線回折法 (RHEED) によって調べたところ、閃亜鉛鉱型の RHEED パターンが得られていることが判明した。

【0028】

(実験例 3)

本実験例においては、本発明の製造方法に従って、閃亜鉛鉱型 CrSb を含む図 3 に示す多層膜構造を作製した。

実験例 1 と同様にして、(001) GaAs 基板を用い、これを MBE 装置内に設置した。その後、実験例 1 と同様に、前記 GaAs 基板表面に存在する図示しない酸化膜を除去した後、前記 GaAs 基板を 530 に設定して、MBE 法により前記 GaAs 基板上に GaAs バッファ層を厚さ 100 nm に形成した。次いで、前記 GaAs バッファ層上に、Al ビーム、Ga ビーム、及び Sb ビームを同時に供給して、AlGaSb 下地層を厚さ 400 nm に形成した。

【0029】

その後、前記 AlGaSb 下地層上に、実験例 1 と同様にして CrSb 層を厚さ 0.3 nm に形成した。このようにして得た CrSb 層の結晶性を高速電子線回折法 (RHEED) によって調べたところ、閃亜鉛鉱型の RHEED パターンが得られていることが判明した。

【0030】

図 4 は、上記実験例 1 ~ 3 で得られた CrSb 層の室温での磁化特性を示すヒステリシスループである。図 4 から明らかなように、本発明の製造方法に従って得た CrSb は、室温において強磁性的の性質を示すことが分かる。また、GaAs 下地層上に形成した CrSb 層と比べて、GaSb 下地層及び AlGaSb 下地層上に形成した CrSb 層は、この

10

20

30

40

50

順に磁化が大きくなっており、より良好な強磁性特性を示すことが分かる。

【 0 0 3 1 】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。

【 0 0 3 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、室温において強磁性を示す閃亜鉛鉱型の結晶構造を有するCrSb、並びにこのCrSbを製造する方法、及びこのCrSbを強磁性層として含む多層膜構造を提供することができる。したがって、半導体と強磁性体とを積層させて組み合わせた複合デバイスに実現をより確実なものとするすることができる。

10

【図面の簡単な説明】

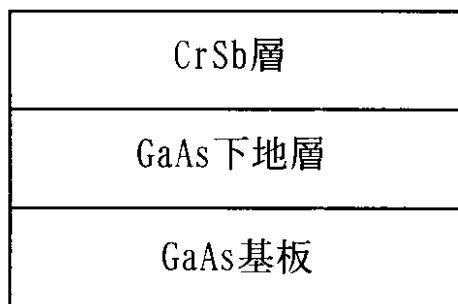
【図1】 本発明の閃亜鉛鉱型CrSb層を含む多層膜構造の一例を示す構成図である。

【図2】 本発明の閃亜鉛鉱型CrSb層を含む多層膜構造の他の例を示す構成図である。

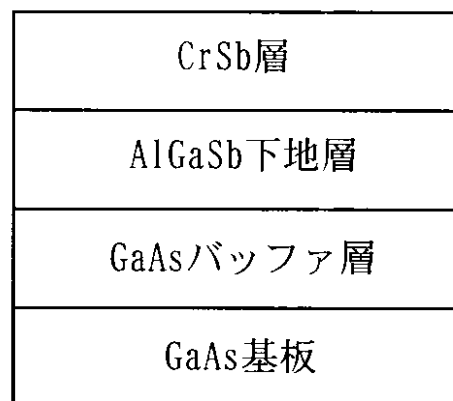
【図3】 本発明の閃亜鉛鉱型CrSb層を含む多層膜構造のその他の例を示す構成図である。

【図4】 本発明の閃亜鉛鉱型CrSb層の磁気特性を示す図である。

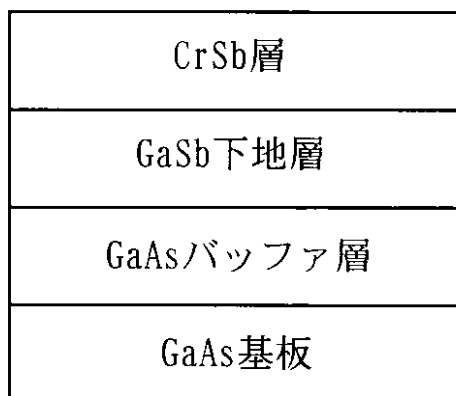
【図1】



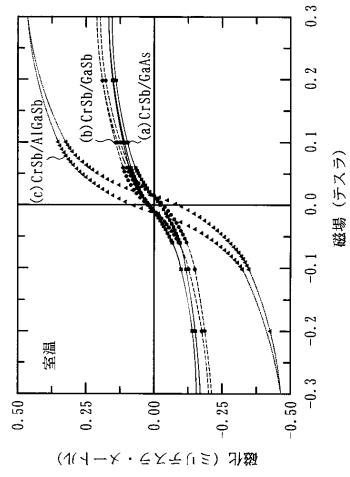
【図3】



【図2】



【 図 4 】



フロントページの続き

審査官 田中 則充

(56)参考文献 特開平08 - 087722 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B 29/52

C30B 23/08

H01F 10/12

H01F 41/20

H01L 21/363