

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | 逆層交換型アルミニウム誘起シリコン結晶化プロセスにおける不純物効果の研究 |
| Title(English) | Study on Impurity Effect in Inverted Aluminum-Induced Layer Exchange Process for Polycrystalline Silicon Thin Films |
| 著者(和文) | 竹内正芳 |
| Author(English) | Masayoshi Takeuchi |
| 出典(和文) | 学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9490号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:近藤 道雄,小田原 修,吉本 護,半那 純一,和田 裕之 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9490号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 論文要旨 |
| Type(English) | Summary |

論文要旨

THESIS SUMMARY

| | | | |
|-------------------------|--------|----|----------------------|
| 専攻： Department of | 物質科学創造 | 専攻 | 申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) |
| 学生氏名： Student's Name | 竹内 正芳 | | 指導教員 (主)： 教授 近藤 道雄 |
| | | | 指導教員 (副)： 教授 小田原 修 |

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

絶縁基板上に作製される大粒径多結晶シリコン薄膜は、現在主流であるバルクシリコンウェハを用いた太陽電池に比べ資源の節約、形成プロセスの簡便化などで利点があり注目されている。大粒径多結晶シリコン薄膜を絶縁基板上に形成する手法についてこれまで多くの研究がされてきたが、高効率多結晶シリコン薄膜太陽電池の実現には至ってなかった。そこで本研究では、絶縁基板上に金属裏面反射層と大粒径多結晶シリコン薄膜を同時に形成できる inverted Aluminum-induced Layer Exchange (inverted-ALILE) に注目し、積層膜である a-Si に不純物を添加することで金属裏面反射層の反射特性向上を見出し、そのメカニズムについて考察を行った。また結晶配向性についても実験を行い、エピタキシャル基板として低温成長が可能な (100) 面を支配的に成長させる為の inverted-ALILE に関する結晶方位メカニズムについて考察を行った。本論文は「Study on Impurity Effect in Inverted Aluminum-Induced Layer Exchange Process for Polycrystalline Silicon Thin Films (逆層交換型アルミニウム誘起シリコン結晶化プロセスにおける不純物効果の研究)」と題して英文で書かれ、全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では多結晶シリコン薄膜太陽電池の現状とその問題点について示し、本研究の背景と目的を述べた。

第2章「Experimental details」では、本研究で用いた成膜方法及び成膜条件について示した。またアニール条件、分析手法及び評価手法を示した。

第3章「Influence of oxygen on the orientation control in Inverted-ALILE」では様々な条件下での inverted-ALILE により得られる多結晶シリコン薄膜の結晶方位について示した。プリカーササンプルにおける a-Si:H と Al の膜厚比に関して考察を行い、多結晶シリコン薄膜の均一形成および結晶方位形成のメカニズムについて考察を行った。

第4章「Impurity driven enhancement of homogeneity of inverted-ALILE」では、第3章で作製したサンプルを基に、ガラス基板と結晶成長させた多結晶 Si 層の間に形成される金属層を詳細に分析・評価した結果について記す。まず分光測定機を用いて、作製したサンプルの金属層から 20%程度透過光があることを確認した。PECVD による a-Si:H には不純物である水素が含まれることから、水素によるバブリングで金属膜の生成が不十分になった。そこでスパッタ装置によって不純物添加の少ない a-Si 膜を製作し Inverted-ALILE プロセスを行ない金属層の反射率向上を確認し、更なる反射率の向上について考察をした。それは真空度の低い状態から a-Si の成膜を行ったサンプルでは反射率が上記のサンプルと比べると高いことを明らかにした。金属層の成長が a-Si 膜中の不純物によって影響を受けるメカニズムについて述べる。詳細な断面 TEM 分析により、高反射率の金属層を有するサンプルでは従来では 1 層である金属層が三層に分離していることが明らかにした。EDX 分析より得られた Al と Si の分布では面内方向均一な Al 層、Si 層、Al 層が形成されていることが明らかにした。SIMS 分析により、深さ方向の元素プロファイル分析を行ない、得られた膜中の深さ方向に酸素、水素が濃度勾配を持って分布していることが明示された。多結晶 Si 層に関しては、電子線回折 (EBSD) を用いた結晶方位分析により、得られた多結晶シリコン薄膜がどのサンプルでも高い(100)優先配向を持ち、高結晶性であることが明らかにした。これらのことから、反射率の高いサンプルでは a-Si 中の酸素の不純物が濃度勾配を持って添加されていることにより面内均一な Al の反射膜を形成するメカニズムを見出した。

第5章「Application of inverted-ALILE to thin-film silicon solar cells」では、従来の ALILE プロセスによる太陽電池と Inverted-ALILE による太陽電池の性能を比較し、裏面反射膜の効果を明らかにした。

第6章「Conclusions」では本研究の成果についてその総括を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

| | | | | | |
|--------------------------|--------|----|--|----------|-----------|
| 専攻 : Department of | 物質科学創造 | 専攻 | 申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested | 博士 (工学) | Doctor of |
| 学生氏名 : Student's Name | 竹内 正芳 | | 指導教員 (主) : Academic Advisor(main) | 教授 近藤 道雄 | |
| | | | 指導教員 (副) : Academic Advisor(sub) | 教授 小田原 修 | |

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In-plane homogeneity of crystallization of silicon in inverted aluminum-induced layer exchange (ALILE) process has been investigated. Three different samples consisting of aluminum/amorphous silicon/glass with different impurity concentration in amorphous silicon have been compared. The samples were annealed at 450°C and the aluminum and silicon layers are exchanged accompanied with crystallization of silicon.

The thickness-modulated Al-induced crystallization technique enables us to control the orientation of polycrystalline Si films on glass substrate. Electron backscattering diffraction (EBSD) measurements revealed that the crystal orientation of the grown Si layer varied significantly depending on the Al/Si thickness : The [111]-orientation fraction reached 65% for the 45nm-thick sample and the [100]-orientation fraction 67% for the 200nm-thick sample. The mechanism was discussed in terms of the heterogeneous nucleation energy. The 45nm-thick sample provided the average Si grain-size over micrometer. The large-grained Si films with controlled-orientations are promising epitaxial templates for advanced Si-based thin-film solar cells.

It is found that the most highly contaminated sample shows homogeneous layer exchange with optical reflectivity as high as an aluminum film. The most pure sample shows poor optical reflectivity due to the presence of optical holes in the aluminum layer. It is also found that inhomogeneity is caused by the crystallization of silicon before migrating into overlaid aluminum layer. The presence of impurity is considered to disrupt the crystallization during the layer exchange and homogeneous aluminum layer is formed underneath the polycrystalline silicon layer. The origin of the impurity and the mechanism of ALILE is discussed.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).