The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	電子デバイス用ナノ多層薄膜配線材料の高耐熱性に関する研究
Author(s)	宮川, 春彦
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27552
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【3】

氏　　名	宮　川　春　彦（みや　がわ　はる　ひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学　位　記　番　号	第　２５５７６　号
学位授与年月日	平成24年６月15日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学　位　論　文　名	電子デバイス用ナノ多層薄膜配線材料の高耐熱性に関する研究
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　佐藤　了平 （副査） 教　授　廣瀬　明夫　　教　授　上西　啓介　　准教授　岩田　剛治

論　文　内　容　の　要　旨

高度情報化社会の発展は、半導体及び、それを用いたディスプレイ等のデジタルシステムの進化に支えられている。そして、半導体デバイスの高性能化・低コスト化に伴い、配線の薄膜化・微細化が進行しており、薄膜やナノテクノロジーに対する関心が高まり、研究開発が盛んに行われている。それらの配線に用いられる主要材料として、Cu、Ag、Alが挙げられるが、これらの材料は材料特性などの面で特徴が大きく異なり、統一的に取り扱うことが難しく、現在は、各デバイスの仕様や工程に応じて主要配線材料の設計が行われている。製品ライフサイクルの短縮化が著しい現代社会においては、短時間での最適設計が必要であり、そのためには、これらの材料系に対する統一的解釈が不可欠である。特に、エネルギー的に不安定な状態にある薄膜配線では、より高エネルギー状態となる加熱工程における熱安定性に関する解釈が必要と考えられる。

そこで、本研究では、多層薄膜という共通項の中で、耐熱性に対する統一的な支配因子の導出を行い、それに基づく高耐熱多層薄膜配線系の実現を目的として検討を行った。その結果、Cu系多層薄膜では高耐熱配線系として$Cu/Cr/SnO_2$の構成がすぐれていることが明らかとなった。この系におけるCuの結晶粒成長に起因した局所的な酸化に対しても、Cu層をCr層で分割する積層構造を用いることで、Cuの結晶粒成長が抑制され、その影響で局所的な酸化も抑制されることを明らかにした。高耐熱Cu多層薄膜の適正構成としては、2nmのCrをサンドウィッチ状にはさみこんだCu薄膜上に、接着層Cr:10nm、高結晶性酸化物SnO_2:100nmを順次積層した構成を導いた。Al系多層薄膜においても、酸化保護膜としてSnO_2が有力であり、Nd、あるいはZr-Nbの二次元素添加によっても耐熱効果が得られた。またこれらを組み合わせることで、初期表面粗度が向上し、SnO_2保護膜厚を低減できることを明らかにした。高耐熱Al系多層薄膜の適正構成としては、Al-Zr-Nb合金を高結晶性酸化物SnO_2:50nmによってカバーした構成を導いた。Ag系多層薄膜では、SiO_2表面保護層で覆うことで、表面拡散が抑えられ、熱処理に対する凝集を抑えることができたが、非晶質SiO_2中へのAgの拡散により反射率が低下した。これに対して、高結晶性保護膜SnO_2を代わりに用いることで、Agの保護膜中への拡散が抑制され、Ag:100nm,SnO_2:5nmの構成で、723Kの熱処理に対して、平均相対反射率99.5%以上を維持できることを明らかにした。

以上の検討結果から、薄膜配線の耐熱性の統一的支配因子として、表面拡散と粒成長とそれに伴う酸化が挙げられることを明らかにし、これらに対して、高耐熱性付与の共通手法がSnO_2表面保護膜であることを初めて見出すことができた。これらの知見は、次世代高耐熱電子デバイス用配線材料・構成設計への波及効果が期待できる。

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

近年，電子システムの高性能なデジタル化、ネットワーク化により，高度情報化社会の発展が目覚しく，今後益々高効率な社会、スマートシティ・コミュニティ、等が本格的に期待されている．その中核をなす，半導体，通信，ディスプレイや太陽電池，等の電子回路は，ほとんどすべて薄膜の微細回路パターンで形成されており，今後さらに，高コストパフォーマンスな技術の進歩が望まれている．

本研究では，これらの電子回路のなかで，プロセス温度が最高 600℃程度までに達するディスプレイや LED、等が出てきていることから、それらの主要な配線材料 Cu,Al,Ag からなる多層薄膜配線の高耐熱性の実現に着目し、検討を行っている。特に、いずれの薄膜配線も、単独では、大気中、高温(600℃程度)に耐えられる材料は無いため、各系における適正な多層薄膜構成とそれを支配する共通的な耐熱性の支配因子とメカニズムの検討を行っている。

その結果、Cu 系多層薄膜では高耐熱配線系として $Cu/Cr/SnO_2$ の構成が優れていることを明らかにした。この理由は、Cu の耐熱性劣化の支配因子が、薄膜の粒成長にあり、数 nm の Cr がこの成長を抑制するとともに、保護膜として SnO_2 薄膜を用いることで、高耐熱性を確保できることを明らかにしている。そして、多層薄膜の適正構成が、Cu/Cr(10nm)/SnO_2(100nm)の近傍にあることを見出している。次に、Al 系多層薄膜においては、Nd あるいは Zr-Nb 添加元素が粒成長を抑制するとともに、SnO_2 薄膜が高耐熱性に有効に働いていることを見出し、適正構成は、Al-Zr-Nb 合金薄膜を SnO_2(50nm)でカバーした構成を見出している。

さらに、Ag 系多層薄膜においても、SnO_2 保護膜が表面拡散やマイグレーションを抑制し、高耐熱性を確保することを明らかにしている。この多層薄膜の適正構成は Ag(100nm)/SnO_2(5nm)と、非常にシンプルであることを見出している。

以上のように、本論文は主要な配線材料 (Cu,Al,Ag)の高耐熱多層薄膜構成を見出すとともに、薄膜

配線の耐熱性の共通的支配因子として、表面拡散と粒成長とそれに伴う酸化であることを明らかにしている。さらに、SnO_2 表面保護膜が、これらの薄膜配線に共通して高耐熱性を付与できることを初めて見出している。これらの成果は本系に限らず、益々微細・高集積・高精細化する次世代電子デバイス・システムの高耐熱化と適正設計に対して　多大な知見を与え、工業的かつ学術的に大きな意義を与えるものである。よって本論文は博士論文として価値があるものと認める。