

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		高誘電体ゲート絶縁膜の表面界面局所価電子状態の研究			
研究テーマ (欧文) AZ		Study of Local Valence Electronic States of Surfaces and Interfaces of High-dielectric Gate-Insulator films			
研究氏代 表者	カナ CC	姓)カキウチ	名)タクヒロ	研究期間 B	2010 ~ 2012 年
	漢字 CB	垣内	拓大	報告年度 YR	2012 年
	ローマ字 CZ	Kakiuchi	Takuhiro	研究機関名	愛媛大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		国立大学法人愛媛大学大学院理工学研究科環境機能科学専攻・助教			
<p>概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)</p> <p>Si 単結晶表面上に作製された高誘電体超薄膜の表面・界面の局所価電子状態は、次世代半導体素子を利用した高集積回路の開発に重要な研究テーマである。本研究では、Si (111) 単結晶表面を熱窒化することでSi₃N₄/Si (111)-8×8および-quadruplet 表面を作製し、その表面・界面を選別した局所価電子状態を独自のオージェ電子-光電子コインシデンス分光法を用いて観測した。その結果、Si₃N₄/Si (111)-8×8 の界面には、Si に窒素が1つもしくは3つ結合したサブナイトライド(Si¹⁺、Si³⁺) サイトが存在し、これらのサイトに局在化する価電子帯は Si₃N₄ 表面層に存在する Si⁴⁺ サイトの価電子帯よりもそれぞれ~2.6 eV、0.8 eV 程度フェルミ準位側へシフトしていることが分かった。また、異なる膜厚の Si₃N₄/Si (111)-8×8 を作製し、膜厚に依存した表面 Si⁴⁺ サイトの局所価電子状態の変化を観測したところ、膜厚が1層以下になると価電子帯上端が~1.8 ± 0.7 eV フェルミ準位側へシフトすることが本研究で新たに分かった。さらに、同じ膜厚 (3.6 Å) の Si₃N₄/Si (111)-8×8 と Si₃N₄/Si (111)-quadruplet を作製し、その表面の価電子帯上端の違いを観測したところ、quadruplet 面の方が~0.9 ± 0.3 eV フェルミ準位側へシフトしていることが新たに分かった。これは、(1) 表面構造の違い、(2) Si₃N₄/Si (111)-quadruplet 界面には、8×8 表面にはない Si²⁺ サイトの低価数サイトが Si₃N₄ 表面に隣接することが原因だと考えられる。</p> <p>一方で、Si 単結晶上に HfO₂ 高誘電体薄膜を作製するための自作の電子線加熱型の金属蒸着源を設計・作製し、ターゲット金属が1分程度の電子線照射で1,000 °C以上まで上昇することを確認した。今後のさらなる改良によって、Si 単結晶上に作製された次世代高誘電体超薄膜の特異な局所価電子状態を観測し、次世代半導体の開発指針をさらに提供できることが期待できる。</p>					
キーワード FA	高誘電体材料	Si 単結晶	コインシデンス分光	局所価電子状態	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA				研究課題番号 AA						
研究機関番号 AC				シート番号						

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文標題 ^{GB}							
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}					
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}
雑誌	論文標題 ^{GB}							
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}					
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}
雑誌	論文標題 ^{GB}							
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}					
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}
図書	著者名 ^{HA}							
	書名 ^{HC}							
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}
図書	著者名 ^{HA}							
	書名 ^{HC}							
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}

欧文概要^{EZ}

The local valence electronic state of the surface, interface, and substrate for Si₃N₄ ultrathin films thermally grown on a Si(111)-7×7 [Si₃N₄/Si(111)] have been investigated using Si-L₂₃VV Auger-electron Siⁿ⁺-2p photoelectron coincidence spectroscopy (*n* represents the number of nitrogen atoms bonded to the Si). A series of the Si-L₂₃VV Auger-electron spectra (AES) measured in coincidence with Siⁿ⁺-2p photoelectron (Si-L₂₃VV-Siⁿ⁺-2p APECS) of β-Si₃N₄(0001)/Si(111)-8×8 with the thickness of ≈1.8 Å [corresponding to ≈1.2 ML (monolayer, 1 ML = ≈1.45 Å)] indicate that the local valence electronic states in the vicinity of the Siⁿ⁺ sites shift to the deeper binding-energy side as *n* increases. And, a series of Si⁴⁺-L₂₃VV AES measured as a function of the Si₃N₄ thickness shows that the binding energy at valence-band maximum (*BE*_{VBM}) of Si⁴⁺ (Si₃N₄) shifts ≈1.8 ± 0.7 eV toward Fermi level as the thickness of the Si₃N₄ film of β-Si₃N₄(0001)/Si(111)-8×8 decreases from 3.6 Å (2.5 ML) to 0.7 Å (0.5 ML). These shifts are attributed to the effect of either the local valence electronic state of Siⁿ⁺ binding to Si⁴⁺ through the N atom or the islands size of β-Si₃N₄(0001). Finally, we compared the Si-L₂₃VV-Si⁴⁺-2p APECS of β-Si₃N₄(0001)/Si(111)-8×8 with the thickness of 3.6 Å (2.5 ML) with that of Si₃N₄/Si(111)-quadruplet with the thickness of 3.6 Å [2.3 ML, (1 ML = 1.56 Å)]. This result indicates that the *BE*_{VBM} of the later shifts by ≈0.9 ± 0.3 eV toward the Fermi level relative to that of former. This shift is attributed to the effect of the local valence electronic state of Siⁿ⁺ binding to Si⁴⁺ through the N atom.