

## 【基盤研究(S)】

### 理工系 (工学Ⅱ)



#### 研究課題名 半導体多層配線のプロセス限界を超越する 拡散バリア層の開発原理

東北大学・大学院工学研究科・教授

こいけ じゅんいち  
小池 淳一

研究分野：工学

キーワード：多層配線、銅合金、半導体、バリア層、電界促進成長

#### 【研究の背景・目的】

Si 半導体デバイスは、性能と信頼性を維持するために、多種多様な異相界面に薄膜拡散バリア層が必要とされ、その厚さは数 nm 以下であることが求められる。原子が 10 個程度の薄膜層であるが故に、バルク相平衡から拡散バリア性の優劣を予測することは困難である。我々のこれまでの研究によって、拡散バリア層の成長挙動は、バリア層を介した電子トンネリングに起因する電界促進拡散が寄与していることが明らかになっている。本研究では、対向する固相中の電子エネルギーバンド構造と電子トンネリングの可否に着目して、薄膜拡散バリア層の成長、拡散バリア性、構造・組成依存性に関する学理を究明し、薄膜バリア層の開発に資する普遍的な指導原理を確立する。

#### 【研究の方法】

種々の Cu 合金と SiO<sub>2</sub> の界面反応において以下のことを調査する。

- (1) 界面層の組成分布、および SiO<sub>2</sub> 中における組成変化。
- (2) 界面層、SiO<sub>2</sub> の電子エネルギーバンド構造、およびトンネル電子の占有サイトの有無。
- (3) Cu 合金、界面層、SiO<sub>2</sub> 各々の構成元素のイオン化状態、および電界形成の有無。
- (4) 拡散バリア層の形成挙動とバリア性。

上記を総合して、界面反応による「組成変化」をきっかけとした、「バンド構造変化」と、それによって可能となる「電子トンネリング」と「電界形成」との相互関係を明らかにし、「電界促進拡散」の観点から、十分な拡散バリア性を有するバリア層を自己形成するための必要条件とその機構を明らかにする。

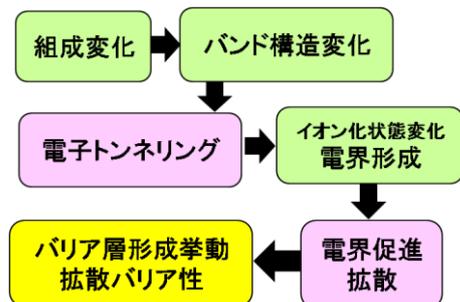


図1 研究方法の概略図

#### 【期待される成果と意義】

拡散バリア層を自己形成するにあたり、従来の熱力学的・動力学的な概念に基づいた界面反応の理解では不十分であり、界面反応に伴って生じる電子状態の変化に着目することの必要性が明確になる。本研究で得られる知見は、32nm 以下の半導体多層配線材料とプロセス開発において、有用な学術基盤を提供するだけでなく、Si 半導体以外のデバイス（酸化半導体トランジスタ配線、MRAM の酸化絶縁層、MIM キャパシタの絶縁層）にも拡散できる可能性があり、広範な波及効果と有する。

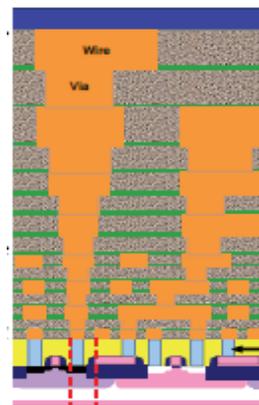


図2 半導体多層配線の断面 (ITRS ロードマップより)

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ "Graded composition and valence states in self-forming barrier layers at Cu-Mn/SiO<sub>2</sub> interface", Y. Otsuka et al., Appl. Phys. Lett., 96, 012101 (2010).
- ・ "Growth kinetics and thermal stability of a self-formed barrier layer at Cu-Mn/SiO<sub>2</sub> interface", J. Koike et al., J. Appl. Phys. 102, 043527 (2007).

#### 【研究期間と研究経費】

平成22年度－26年度  
81,700千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.material.tohoku.ac.jp/~kyokugen/lab.html>