TSV 用新規バリヤ材料としての HfNx 膜の特性

Properties of HfN_x films as a barrier material for TSV interconnects

北見工大 『佐藤 勝 武山 真弓 野矢 厚

Kitami Institute of Technology [°]Masaru Sato, Mayumi B. Takeyama, and Atsushi Noya

E-mail: satomsr@mail.kitami-it.ac.jp

はじめに 近年、シリコン貫通ビア配線を用いた 3 次元 LSI に関する研究開発が盛んに行われて いる[1]。これまで本研究室において、Si-ULSI における Cu 配線に適用可能なバリヤとしてIVa 族 の窒化物である TiN_xや ZrN_xのバリヤ特性を検討してきた [2,3]。そこで本研究では、シリコン貫 通ビア配線に応用することを念頭において、Ti や Zr と同族の Hf の窒化物に着目し、基礎的な特 性を検討したので、以下に報告する。

<u>実験方法</u> 試料の作製には、四極直流スパッタを用い、ガラス基板、自然酸化層を除去した p 型 Si(100)基板上及びあらかじめ熱酸化させた SiO₂/Si 基板上に基板温度 350~400℃にて HfN_x 膜(5~ 100nm)をスパッタ成膜した。ターゲット電圧及び電流はそれぞれ 500V~1kV、80mA とした。ま

た一部の試料には、HfN_x膜成膜後、真空を破らずに室温にて Cu層を堆積させた。試料の熱処理は、10⁻⁷Torr 台の真空中、 850℃の熱処理温度で30分~60分間行った。試料の分析には、 X線回折(XRD)、透過型電子顕微鏡(TEM)による断面観察を 行った。

結果と検討 まず、得られた HfN_x膜の断面 TEM 像を図1に 示す。HfN_x膜は粒径が数 nm のナノ結晶からなっていること がわかる。このようにバリヤの結晶粒が小さく一様である構 造は TSV 配線にとっても都合がよく、かつ従来よりも薄層化 が可能であることを意味する。また、IVa 族窒化物は比較的 柱状構造をとる傾向にあるが、本実験結果は薄膜形成過程に おいて隣接する粒同士の合体を十分に抑制しており、ナノオ ーダの結晶粒が積み重なった状態を実現できたと思われる。

次に、HfN_x 膜を 100nm として、Cu/SiO₂ 間に介在させた試 料の熱処理前後の XRD パターンを図2に示す。図2から、 800℃60 分の熱処理後においても、Cu の粒径成長と思われる 回折線強度の増加が見られたのみであった。同じ試料の AES 分析でも、界面での元素分布が若干なだらかになるが、基本 的には Cu/HfN_x/SiO₂/Si 構造を保持していた。さらに 850℃の 熱処理後には、Cu(111)面からの回折線強度の減少が見られ、 試料の劣化が開始すると思われるが、HfN_x 及び Cu からの回 折線のみが見られており、新たな反応生成物等からの回折線



図 1. HfN_x膜の断面 TEM 像.





は全く見られなかった。一方、バリヤを5及び10nmとした場合の Cu/HfN_x/SiO₂/Si 配線モデル 構造では500℃30分の熱処理後まで配線構造を保持できることがわかった。

一方、HfN_x/SiO₂界面での酸化還元反応について、その詳細を XPS にて調べた。その結果、SiO₂ 上の HfN_x 膜は、成膜時に既にわずかながら SiO₂ との酸化還元反応が見られた。その際、酸素を 奪われたメタル状態の Si からのスペクトルも見られた。800℃熱処理後の試料から、成膜時の酸 化還元反応が、熱処理によってより促進されるという結果は見られなかったことから、主に成膜 初期過程でのみ酸化還元反応が生じることが明らかとなった。以上のことから、HfN_x 膜は熱的 にも安定であり、かつわずかな酸化還元反応を生じるものの、熱処理によってそれが加速される こともなく、有用なバリヤとなることが示唆された。

参考文献 [1] T. Ohba et al.: Microelectronic Eng. 87 (2010) 485.

[2] M. Takeyama et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 35 (1996) 4027.

[3] M. B. Takeyama et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) 05FA06.

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金 (21560320)の補助を得て行った。付記して感謝申し上げる。