シリコン窒化膜の紫外光誘起電流に対する金属電極の仕事関数の影響

Influence of the Work Function of Metal Gate Electrodes on UV-Light-Induced Conduction Currents through Silicon Nitride Films 東海大学大学院 工学研究科¹, ⁰⁽⁰⁾鈴木亜嵐¹, 小林清輝¹ Graduate School of Engineering, Tokai Univ.¹, ^(M) A. Suzuki¹, and K. Kobayashi¹ E-mail: kkbys@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

【目的】不揮発性半導体メモリのメモリセル構造として、電荷捕獲絶縁膜にシリコン窒化膜を用いる電荷トラップ型が注目されている。このメモリ特性を向上させるためには、窒化膜の電気特性及び膜中の 点欠陥の性質を理解することが重要である。窒化膜の伝導電流は、正孔の Poole-Frenkel (PF) 伝導に支配されていると考えられており、ゲート電極に用いる金属の仕事関数に依存することが示されてきた[1]。 一方近年、窒化膜に高エネルギーの紫外線を照射することで紫外光誘起電流が発生することが見出され、 紫外光誘起電流が膜中での電子正孔対の生成に起因するというモデルが示された[2]。また、電子正孔対 生成中心が K⁰ センターであると提案された[3]。紫外光誘起電流が窒化膜中での電子正孔対の生成に起

因するのであれば、その大きさはゲート電極材料の仕事関数には依存しないと予測される。本研究の目的は、窒化膜の紫外光誘起電流 に対するゲート電極材料の仕事関数の影響を明らかにすることで ある。

【実験方法】本研究で用いた試料は、p型(100)シリコン基板を熱酸 化して得られた 5 nm のシリコン酸化膜と、750 °C の SiH₂Cl₂ -NH₃ 系減圧化学気相成長法によって堆積した 204-220 nm のシリコン窒 化膜からなる積層膜である。この試料に対して、室温・窒素雰囲気 で紫外線(波長 254 nm, 4.9 eV)を照射することで K⁰ センターを生 成させた後、ゲート電極を形成して電流-電圧特性を測定した。ゲー ト電極には、アルミニウムと水銀の 2 種類の金属を用いた。

【実験結果と考察】Fig. 1 に、窒化膜-酸化膜積層膜の負ゲートバ イアスにおける電流密度-電界(Jg-EN)特性を示す。紫外線照射を行っ ていない積層膜(0 J/cm²)の電流密度は、水銀電極に比べてアルミニ ウム電極の方が高い。Fig. 2 に示すように、負ゲートバイアスを印 加した積層膜の伝導電流は、陽極からの正孔注入が酸化膜によって 抑制されるため電子電流に支配されている[4]。仕事関数が 4.5 eV の 水銀に比べて 4.3 eV のアルミニウムを電極に用いた場合の方が、陰 極から注入される電子に対する窒化膜のエネルギー障壁が p-type 低く、電子注入量が大きいため、電流密度が高くなったと 考えられる。一方、3.8×10² J/cm²の紫外線照射を行った積 層膜の電流密度は、照射を行っていない場合に比べて著し く高く、紫外光誘起電流が発生したことが分かる。また、 紫外光誘起電流は水銀とアルミニウムの場合で概ね一致し ており、紫外光誘起電流に対するゲート電極の仕事関数の 影響は小さいことが分かった。以上の結果は、紫外光誘起 電流を形成するキャリヤが窒化膜中で生成していることを 示しており、紫外光誘起電流の起源が窒化膜中での電子正 孔対生成に起因するというモデルと矛盾しない。

【謝辞】本研究は一部科学研究費補助金(基盤研究(C) 21560336)の助成のもとに行われました。



Fig. 1 負ゲートバイアスを印加した 窒化膜一酸化膜積層膜の J_g -E_N特性。 紫外線照射量が 0 及び 3.8×10^2 J/cm²の場合。



【参考文献】[1] P. C. Arnett and Z. A. Weinberg, IEEE Trans. Electron Devices, ED-25 (1978) 1014. [2] K. Kobayashi and K.

Ishikawa, Jpn. J. Appl. Phys., **50** (2011) 031501. [3] K. Kobayashi, A. Suzuki and K. Ishikawa, Thin Solid Films, **550** (2014) 545. [4] S. Manzini and F. Volonté, J. Appl. Phys., **58** (1985) 4300.