

論 文 要 旨

2019 年 1 月 10 日

※報告番号	甲第 247 号	氏 名	川嶋 智仁
<p>主論文題名</p> <p style="text-align: center;">シリコン酸化膜における光照射による伝導パスの消失に関する研究</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>本論文は、LSI やメモリにおいて重要な絶縁膜であるシリコン酸化膜(SiO₂)中に生じたナノスケールの伝導パスに対し、光照射を行うと伝導パスが消失することを初めて見出し、その消失条件やメカニズムについて考察したものである。</p> <p>SiO₂は、シリコン(Si)プロセスにおいて密着性良く容易に形成できることから、ゲート絶縁膜や層間絶縁膜として多用されている。半導体の微細化が進むにつれ、均一で質の良い SiO₂の形成プロセスが求められている。また、SiO₂の劣化メカニズムの解明も進められており、SiO₂を構成するシリコン(Si)と酸素(O)の結合が切れ、そこで生じた酸素空孔などの欠陥が少しずつ増えることでリーク電流のパスがナノスケールから徐々に拡大していくことが分かってきた。一方、SiO₂は従来の Si プロセスとの親和性から、これまで TaO_xなどが用いられていた抵抗変化メモリの抵抗変化層としても注目されている。その多くは電圧印加によって銅(Cu)や銀(Ag)電極から金属イオンが SiO₂中に拡散し、ナノサイズの金属フィラメントを形成することをを用いるものである。この抵抗変化メモリに関して、最近、光により抵抗を変化させるメモリが報告されている。これは、従来のような電氣的な制御だけでなく、光を新たな制御の手段として用いて抵抗を変化させようというものである。しかし、光による制御を SiO₂を用いた抵抗変化メモリに適用した例はまだ報告されていない。</p> <p>そこで、本研究では SiO₂に着目し、SiO₂中に形成される伝導パスに対する光の影響を調べた。ナノスケールの伝導パスを評価するため、導電性原子間力顕微鏡(C-AFM: conductive-atomic force microscope)を用いた。</p> <p>まず、Si 上の SiO₂に電圧を印加してナノスケールの伝導パスを形成後、白色光を照射したところ、電流の急激な減少(光誘起抵抗リセット, LIR: light-induced reset)が見られた。また、十分な光照射を行うことで絶縁性がほぼ元の状態まで回復できることが分かった。伝導パスは、電圧印加によって SiO₂の結合が切れて生じた酸素空孔から成ると考えられる。電流の急激な減少、即ち伝導パスの消失は、伝導パス中の酸素空孔が、光励起された電子からのエネルギーを利用してエネルギー障壁を越えて酸素空孔のサイトに戻ってきた酸素イオンと再結合し、伝導パスが切断されるため起こると推察される。</p> <p>次に、抵抗変化メモリを模擬した構造とするため、Cu 下部電極上に SiO₂を成膜し、同じように光照射の影響を調べた。Si 上と同様に光照射に伴う LIR が見られたが、光照射前に伝導</p>			

※印欄記入不要

論 文 要 旨

2019 年 1 月 10 日

※ 報告番号	第 号	氏 名	川嶋 智仁
<p>パス形成時と同じ電圧掃引を繰り返すと、光に応答せず LIR が見られなくなることが分かった。一方、Si 上ではこのような LIR の消失は見られなかった。はじめに光照射に伴う LIR が見られた理由は、Cu 上の伝導パスが、Cu フィラメントの他にも酸素空孔を含んでおり、Si 上と同様に酸素空孔が光照射によって酸素イオンと再結合したためと考えられる。しかし、電圧掃引によって電極から拡散する Cu イオンが増加し、伝導パスが完全な Cu フィラメントに置き換わると、評価に使用したエネルギーの光ではフィラメントが分解されないと推察される。</p> <p>同じような LIR の消失は、SiO₂ 表面をアルゴン (Ar) プラズマに暴露することによっても見られた。この理由として、プラズマによって生成した SiO₂ 表面の欠陥に大気中の水分が吸着し、カウンターアニオンとして働くことで、Cu イオンの拡散を促進し、Cu フィラメントの比率が高まったためと考えられる。</p> <p>この他、Cu とそれ以外の金属電極 (Ni, Ti, Al) について LIR の発生確率を比較したところ、Cu や Ni では Ti や Al より低いことが分かった。SiO₂ 中に拡散しやすい Cu や Ni 電極では、光で分解できない金属フィラメントが伝導パス形成に寄与しているためと考えられる。以上から、SiO₂ 中における酸素空孔から成るナノスケールの伝導パスは、光により分解して絶縁性が回復するのに対し、抵抗変化メモリを模擬した構造で見られたように SiO₂ 中で金属フィラメントから成る伝導パスは光に応答しにくいことが推察される。今後、光による抵抗リセットおよび伝導パスの構成要素による光応答性のコントロールは、光でも制御可能な新メモリやストレージ機能を有する光センサなどへの応用が期待される。</p>			

※印欄記入不要