

## SrTi<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O<sub>3</sub>- $\sigma$ 酸化触媒を用いた4H-SiCの低温酸化

黎, 力

<https://doi.org/10.15017/1785425>

---

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 黎 力

論 文 名 :  $\text{SrTi}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{3-\delta}$ 酸化触媒を用いた 4H-SiC の低温酸化

区 分 : 甲

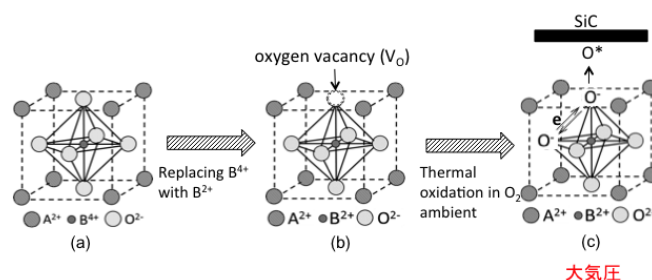
## 論 文 内 容 の 要 旨

環境問題が注目されてから、エネルギー消費と省資源化、省エネルギー化の意識が高まっている。電気・電子機器の電源回路についても同様である。電源回路において、電圧や周波数を変換するためのスイッチング素子として半導体パワーデバイスが使われている。その用途として、風力、太陽光、地熱発電などのための大電力制御用パワーデバイスの需要が増加する一方、ハイブリッド車、家電用などの高電圧制御用パワーデバイスの一層の低損失化の要請も高まっている。

現在、電力制御用パワーデバイスのほとんどは Si (シリコン) を用いて製造されており、現在でも素子構造の改善による性能の向上が進められている。しかし、その性能は Si の物性からくる限界で制限されるようになってきている。それを打破するため、SiC (炭化珪素) などのワイドギャップ半導体に注目が集まっている。SiC は破壊電界が Si よりも約 10 倍大きいことから、パワー MOSFET の動作時のオン抵抗を、理論的には Si より 3 桁ほど低減できると期待できる。

しかし、SiC の物性を十分に活用したデバイスを実現するための課題も多い。その一つが SiC MOSFET のチャンネル内のキャリア移動度が、SiC が本来もつ移動度の  $1/50 \sim 1/100$  に低下してしまうことの解決である。移動度低下の原因として、Si に比べて 2 桁以上大きい二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) ゲート絶縁膜/SiC 界面の界面準位によるキャリアの輸送阻害説が有力である。現在、この界面準位の発生原因の追求が世界的に進められているが進捗が停滞している。高温での酸化が良いとの主張がある一方、低温での酸化を主張するグループもある。このような混乱を招いている理由のひとつに、低温酸化の実験を行えていないことがある。具体的には、SiC 結晶群の中で最もパワーデバイス応用に適した 4H-SiC の(0001)Si 面の場合、酸化を  $1100^\circ\text{C}$  未満の温度で実施するのは困難である。また、高温での熱酸化処理は、SiC 内部に炭素空孔を発生させ、キャリアの寿命を短くしてしまうという弊害ももたらす。

このような背景の下、本研究では活性酸素による酸化の低温化に着目し、 $\text{SrTi}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{3-\delta}$ ペロブスカイト型複合酸化物の活性酸素種生成機構を利用して SiC の酸化温度を低温化する新しい方法を提案した。原理は図に示すように、 $\text{SrTi}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{3-\delta}$ ペロブスカイト型複合酸化物がもつ酸素欠損欠陥により酸素分子  $\text{O}_2$  を分解し、酸素ラジカルとして放出させ、近傍に配置した SiC に供給して SiC の酸化を促進させようとするものである。



本研究では提案した手法の検証を行い、以下の研究成果を得られた。

- ・ペロブスカイト型複合酸化物  $\text{SrTi}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{3-\delta}$  を調製し、大気圧での活性酸素(酸素ラジカル)を発生する機能を確認した。それを半導体ウェーハと離して同じ酸化炉に配置して酸化することで、顕著な酸化促進効果があることを見出した。 $\text{SrTi}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{3-\delta}$ 酸化触媒はガス種に対しての接触触媒効果が報告されていたが、触媒酸化物と被酸化物を離れた位置に配置しても酸化の促進効果があることを見出した。

- ・酸化機構が定論となる単結晶 Si で検証し、酸化促進効果を詳細に調べた。その結果、 $\text{Mg}^{2+}$  による  $\text{Ti}^{4+}$  の置換量が多いほど大きな酸化促進効果が得られた。酸化膜中に酸化剤拡散の活性化エネルギーが  $2.22\text{eV}$  から  $1.90\text{eV}$  へと低下し、界面酸化反応の活性化エネルギーが  $1.76\text{ eV}$  から  $1.00\text{eV}$  へと低下することを見出し。これらの結果により、 $\text{SrTi}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{3-\delta}$ 酸化触媒から発生された酸素ラジカルによって半導体の酸化を促進できることを示した。

- ・この低温酸化手法を用いて  $850^\circ\text{C}$ での酸化で作製した SiC MOS ダイオードの界面準位を評価し、 $1100 \sim 1300^\circ\text{C}$ での通常ドライ酸化の場合とほぼ同等になることを示した。