

パワーデバイス材料 SiC の表面への電流の流れを数値化、設計が容易となる

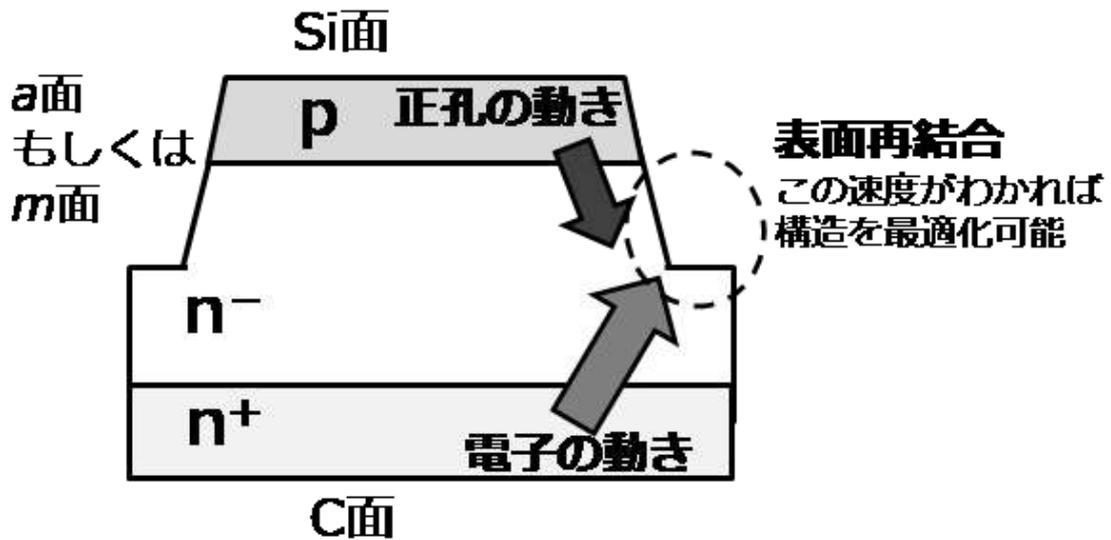
大電力の電圧変換に用いられるパワーデバイスとして、シリコンカーバイド (SiC) という結晶材料の採用が期待されています。大きな電力を制御するパワーデバイスを作るには、SiC 結晶に均一に電流を流す必要がありますが、結晶には必ず表面が存在し、電流は勝手に表面へと流れてしまいます。

名古屋工業大学大学院工学研究科の加藤正史准教授の研究グループはこの表面への電流の流れを、様々な温度や表面の状態において、数値化することに成功しました。

得られた表面再結合速度の数値は、SiC による大電力パワーデバイスの構造設計に利用できます。その結果 SiC パワーデバイスの設計が容易となり、パワーデバイスの製造コスト削減につながります。製造コストが低減された大電力 SiC パワーデバイスは低価格化での市場販売が期待されます。低価格の大電力 SiC パワーデバイスが普及することにより、将来的には電力インフラでの消費電力の削減が可能となります。

研究の背景

電車や自動車の速度の制御や、送配電システムの電圧の変換には半導体素子であるパワーデバイスが用いられます。そのようなパワーデバイスを作るための新規結晶材料として、シリコンカーバイド (SiC) の利用が期待されています。すでに SiC 結晶によるパワーデバイスは次世代の新幹線などに採用されるなど、一部の分野で実用化が始まっており、大幅な消費電力の削減が報告されています。しかしながら、発電所から送電される電力などの電力インフラにおいては、さらに大きな電力の電圧変換する大電力パワーデバイスが必要です。そのような大電力パワーデバイスを作るには、SiC 結晶内部に均一に電流を流す必要がありますが、結晶には必ず表面が存在し、表面再結合という現象により電流は勝手に表面へと流れてしまいます (図 1 の電子と正孔の動き)。従来この表面への電流の流れは数値化されておらず、パワーデバイスの構造設計を困難にしています。



高耐圧SiCパワーデバイス構造の例

図 1 : 高耐圧 SiC パワーデバイス構造の一例。電流を運ぶ電子と正孔が表面に向かい、表面再結合という現象で電子と正孔が消滅し、本来パワーデバイスの外に流したい電流が失われる。表面再結合現象は避けられないが、それを数値化することで、パワーデバイス構造の設計を最適化できる。

研究の内容・成果

本研究は SiC の様々な結晶表面（図 2 に示すように SiC 結晶には向きによって異なる表面があります）に対して光照射により電子と正孔を作り、それらの表面において電子と正孔の消える速さを計測しました。そしてその速さを計算モデルと比較することで、表面への電流の流れを数値化しました（図 3 の縦軸の S（表面再結合速度））。また、その数値の温度依存性や、結晶内の伝導型への依存性も明らかにしました。

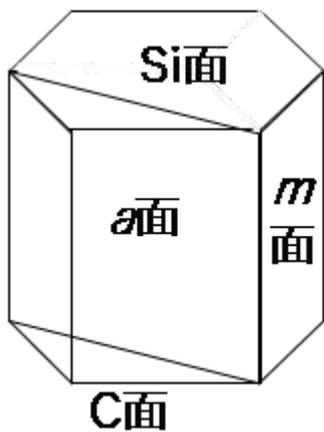


図 2 : SiC 結晶の構造と表面の関係を示す図。SiC 結晶は六方晶という六角柱の構造をしており、六角柱の底面が Si 面と C 面、側面が m 面、m 面と直行する面が a 面と呼ばれる。

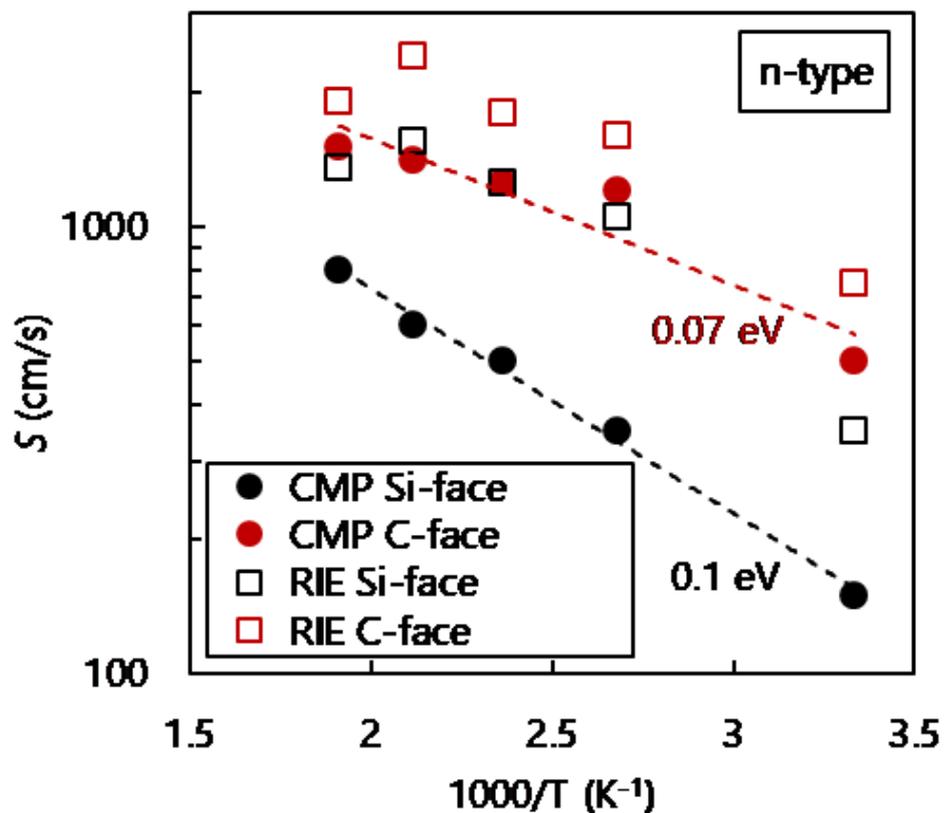


図 3 : 表面への電気の流れを数値化したもの（縦軸の S : 表面再結合速度）。横軸は温度の逆数。温度が上がると S の値が上がる。

論文情報

タイトル Surface recombination velocities for 4H-SiC: temperature dependence and difference in conductivity type at several crystal faces

雑誌 Journal of Applied Physics

DOI 10.1063/5.0007900

日本語発表原文

<https://www.nitech.ac.jp/news/press/2020/8338.html>

文 JST 客観日本編集部