

高性能4kV級SiCショットキーバリアダイオードの試作

背景

炭化ケイ素（SiC）単結晶は優れた材料物性値を有することから、現行のケイ素（Si）単結晶を用いたパワー半導体素子と比較して、その特性を大幅に向上できると期待されている。現在、SiC単結晶を用いたパワー半導体素子としてショットキーバリアダイオード*1（SBD）が市販されているが、その性能や制御電力容量が十分でない。このため当研究所においては、さらなる低損失化、高耐電圧化および大電流化（大面積化）を目指して、高耐電圧化、大面積化を阻む結晶欠陥の抑制手法、高耐電圧ダイオード作成手法等を開発している。

目的

SiC-SBDの低損失化、高耐電圧化を実現するためのショットキー電極形成技術を開発するとともに、その技術を適用した高性能SiC-SBDを試作、実証する。

主な成果

当研究所にて作成した高品位SiCエピタキシャル膜に対して、当研究所において開発した高耐電圧ショットキー電極形成技術を適用しSiC-SBDの試作を行いその性能を評価した。

1. 高耐電圧ショットキー電極形成技術の開発

電極材料としてモリブデン（Mo）を用い、かつ高温熱処理（600℃以上）を加えることによって、高耐電圧（3-5kV級）SiC-SBDでの低損失化に最適なショットキー障壁高さ（1.2～1.3eV）およびn値（1.1以下）*2を有するショットキー電極界面が得られることを明らかにした。

2. 試作SiC-SBDの性能

上記技術を適用し、高耐電圧・低損失SiC-SBD（Mo電極面積1mm²/9mm²）を試作した（図1）。試作SiC-SBDの性能として、特性オン抵抗9.07/12.20mΩ・cm²、耐電圧4.15/4.4kV、順方向電圧1.89/2.16V（@電流密度100A/cm²）、逆方向リーク電流0.96/0.66mA/cm²（@逆方向電圧4.0kV）を有し、Mo電極面積9mm²において大電流（20A）の順方向通電が可能であることを確認した。（図2）

3. 試作SiC-SBDの評価

素子の性能指数*3について比較したところ、試作したSiC-SBDの値は1898/1586MW/cm²（Mo電極面積1mm²/9mm²）であり、従来の世界最高値（1196MW/cm²）を大幅に更新した（図3）。また、大電流（大面積）素子としての性能を評価するため、性能指数に電極面積を乗じた値により比較した。試作したSiC-SBDの値は142.8MW（Mo電極面積9mm²）であり、これまでに他研究機関から報告された最高値14.2MWを約1桁更新した（図4）。

今後の展開

さらなる大面積化を達成するための課題抽出を行うとともに、1cm²級大容量SiC-SBDの試作・評価を行う。

主担当者 材料科学研究所 機能・機構発現領域 特別契約研究員 中村 智宣

関連報告書 “A 4.15 kV 9.07-mΩ・cm² 4H-SiC Schottky-Barrier Diode Using Mo Contact Annealed at High Temperature”：IEEE Electron Device Letters, Vol. 26, No. 2（2005年2月）

*1：金属/半導体接触を用いて整流作用を持たせた素子。

*2：ショットキー障壁高さは金属/半導体接触界面に形成される電位障壁の高さを表し、順方向電圧や逆方向リーク電流を決定する重要なパラメータとなる。n値は金属/SiC接触の質を表す指標とされており一般に1～2の値を示す。高品位な金属/半導体接触におけるn値は1.1以下となる。

*3：耐電圧の二乗を特性オン抵抗によって除した値。高耐電圧性、低損失性を表す指標として広く用いられる。

B. 総合エネルギーサービスの創出

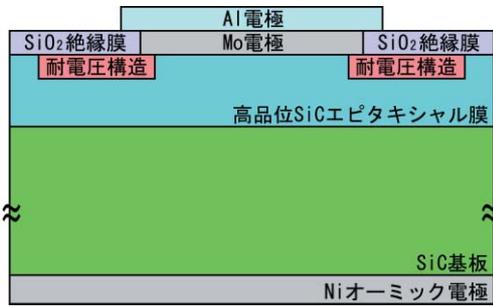


図1 高性能SiC-SBDの断面模式図。高耐電圧を得るため、Mo電極端に耐電圧構造が形成されている。

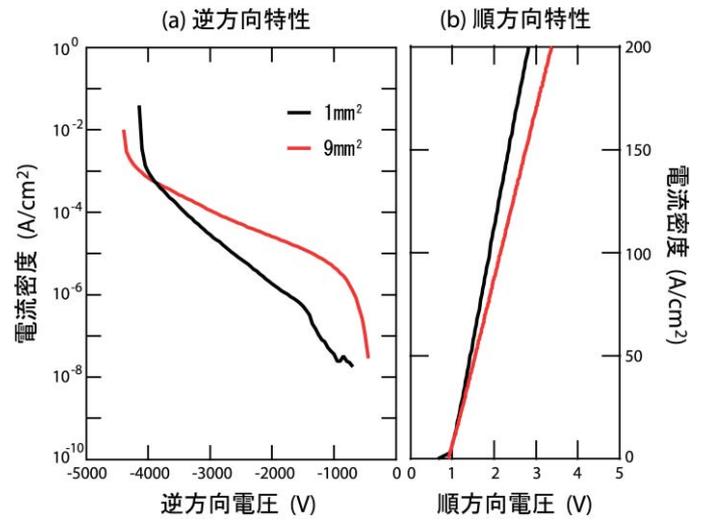


図2 高温熱処理を適用したMoショットキー電極を用いたSiC-SBDの電流-電圧特性。電極面積 1mm^2 および 9mm^2 のSiC-SBDをそれぞれ示す。

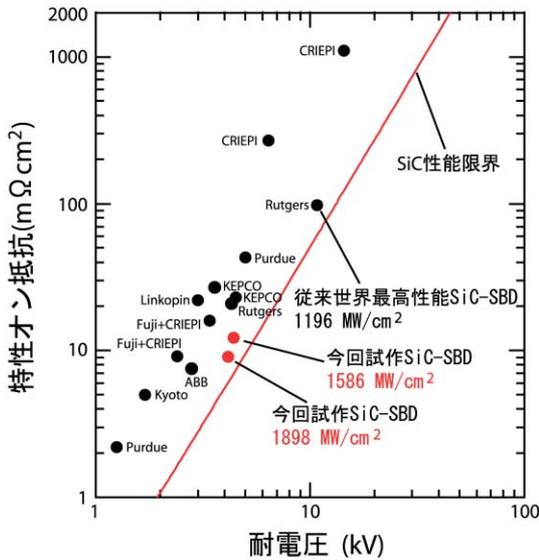


図3 SiC-SBDの耐電圧と特性オン抵抗の関係。SiC-SBDの特性が図中に示したSiC性能限界曲線に近接するほど高性能であるといえる。図中の数値は性能指数を示す。

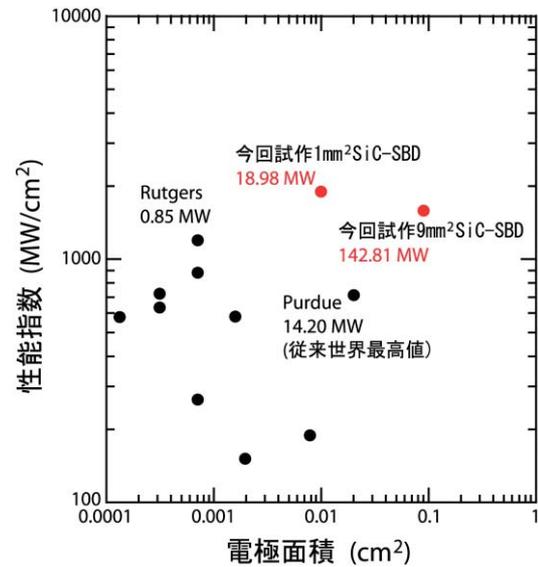


図4 SiC-SBDの電極面積と性能指数の関係。図中の数値は性能指数に電極面積を乗じた値を示す。