

高濃度ボロンドープダイヤモンド MOSFETs の 大電流密度達成に向けた接触抵抗の低減

○(B)高橋 輝¹, 久樂 顕¹, 浅井 風雅¹, 荒井 雅一¹,
平岩 篤¹, 川原田 洋^{1,2}

¹早稲田大学, ²早大材研

Reduction of contact resistance to achieve high current density of
high-concentration boron-doped layer diamond MOSFETs

(B)Akira Takahashi¹, Ken Kudara¹, Fuga Asai¹, Masakazu Arai¹

Atsushi Hiraiwa¹, Hiroshi Kwarada^{1,2}

Waseda Univ.¹ Kagami Memorial Research Institute
for Materials Science and Technology.²

ダイヤモンドは高い絶縁破壊電界や固体物質中最大の熱伝導率などの優れた物性を持ち、高周波・高出力増幅器としての応用が期待されている。そして FET の高出力化のためには電流密度の増加と絶縁破壊電圧の向上が必須であり、電流増加のためには接触抵抗の低減が有効である。本実験では高いオン抵抗の低減のためにソース・ドレイン領域にボロンドープ層 (B: $8 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$) [1] を形成させ、ボロンドープ層を加えたことで接触抵抗の各抵抗成分に与える影響を TLM 測定によって調べた。まず、高純度(111)単結晶ダイヤモンド基板上にデバイスを作製した。ボロンドープ層を有するデバイスにおける分解された抵抗成分は具体的に Fig.1 のように表すことができると考えられる。Fig.2 にはボロンドープ層なしの場合(w/o boron)とありの場合(w/ boron)、さらに接触抵抗を比較し抵抗成分の分解用にボロンドープ層の上に金属を堆積させた TLM パターン(具体的には w/ boron と分解用パターンの差分から $R_{\text{boron-2DHG}}$ が算出できる)とその測定結果をそれぞれ示した。Fig.2 より接触抵抗 R_c はボロンドープ層のない場合では $27.5 \Omega \text{ mm}$ (Fig.2(a))、ある場合では $1.77 \Omega \text{ mm}$ (Fig.2(b)、Fig.1 より R_c は $R_{c\text{-Total}}$) を示した。さらに抵抗成分分解用のパターンから接触抵抗 $0.49 \Omega \text{ mm}$ (Fig.2(c))、シート抵抗 $64 \Omega/\text{sq}$ である。 $R_{\text{TiC-Boron}} = 0.49 \Omega \text{ mm}$, $R_{\text{Boron}} = 0.32 \Omega \text{ mm}$ であるので、Fig.1 の $R_{c\text{-Total}}$ の式より $R_{\text{Boron-2DHG}} = 0.96 \Omega \text{ mm}$ となる。これらの結果からボロンドープ層を加えたことで接触抵抗が 1/10 以下に減少し、高周波ハイパワー化に有効であると確認できる。さらに $R_{\text{Boron-2DHG}}$ の値から不純物帯で正孔が伝導するボロンドープ層と価電子帯を伝導する 2DHG のアンドープ層の障壁が非常に小さいことが分かった。またボロンドープ層を加えたことでシート抵抗の減少も確認できる。また R_{Boron} の抵抗成分はボロンドープ層を形成する際の寸法によって値が変化するため、ボロンドープ層と金属のマージンを短くすることは接触抵抗が低減に寄与する。

$$R_{c\text{-Total}} = R_{\text{TiC-Boron}} + R_{\text{boron}} + R_{\text{boron-2DHG}}$$

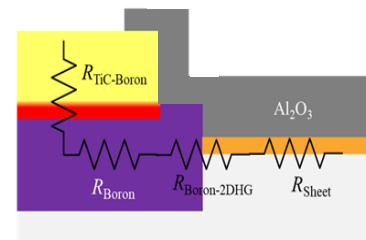


Fig.1 Each resistance contribution to total contact resistance.

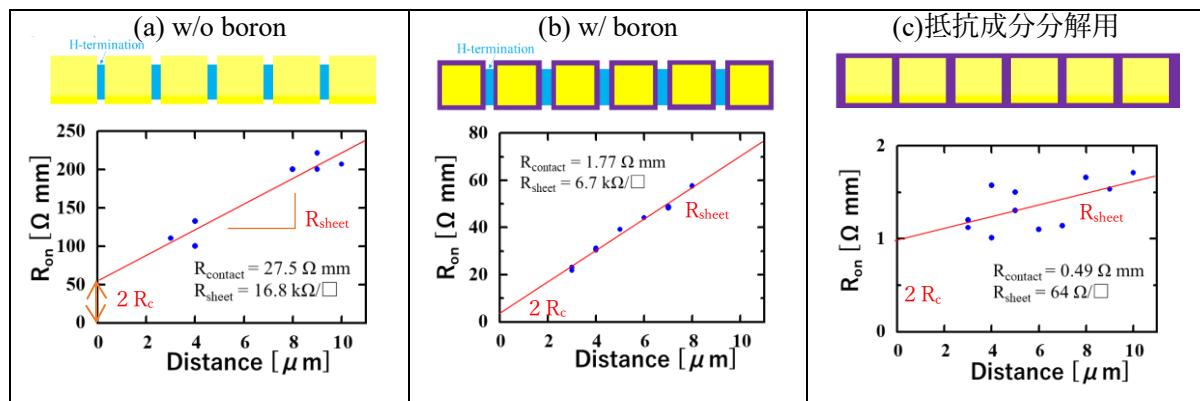


Fig.2 Measurement result for each TLM pattern

[謝辞]本研究は、材料建築のための共同逆イノベーションによる設計とエンジニアリングに関する文部科学省プロジェクトの支援を得た。

[1] K. Kudara, H. Kwarada et al., IEEE TED, (2021) on line