



# 「SiC MOS 界面の理解」

◇ 日時: 2018年12月17日(月) 13:00~17:30

◇ 場所: 筑波大学 東京キャンパス文京校舎 134 講義室、東京都文京区大塚 3-29-1  
(丸ノ内線茗荷谷駅下車 徒歩5分、[http://www.tsukuba.ac.jp/access/bunkyo\\_access.html](http://www.tsukuba.ac.jp/access/bunkyo_access.html))

SiCデバイス開発の最重要テーマの一つであるMOS界面は、近年大きな進展が見られているものの、依然として未解明な部分が多い。デバイス動作(チャンネル移動度、しきい値電圧など)や信頼性(しきい値電圧変動、酸化膜破壊など)に影響を与える界面欠陥の起源について幾つかの候補が挙げられているが、まだその理解は不十分である。デバイス・プロセスの研究者と界面の物理分析や第一原理計算の研究者が集まり、SiC MOS界面はどこまで理解できているか、また理解を深めるためには何をすべきかについて、各講師による講演を通して議論する。

.....プログラム.....

**開会のあいさつ** **13:00~13:05**  
大谷 昇 (関西学院大学、分科会幹事長)

**第一原理計算による SiC 酸化膜界面の伝導帯端の揺らぎ -SiC MOS 界面の構造特定に向けて-** **13:05~13:40**  
松下 雄一郎 (東京工業大学)

本発表ではSiC-MOS界面近傍における2種類の界面準位候補に対する理論計算結果を報告する。1つはSiCの伝導帯の特異性に由来する伝導帯端の揺らぎ、もう1つは残留炭素欠陥である。SiCは構造多形に依存してバンドギャップが大きく変わることが知られているが、その微視的メカニズムがSiCの伝導帯の特異な電子状態に由来することを我々は示した。さらに、その伝導帯の特異性が界面においても奇異な振る舞いを示し、伝導帯端の揺らぎを生じることを報告する。残留炭素欠陥については、エネルギー論に従い残留炭素の構造安定性を議論することによって、残留炭素がSiC側・SiO<sub>2</sub>側・just界面、のどの領域に出来やすいのかについて得られた計算結果を報告する。また、最後にPOCl<sub>3</sub>界面処理の微視的メカニズムとして、炭素関連欠陥への有効性を1つの可能性として報告する。

**SiC 表面および SiC/SiO<sub>2</sub> 界面での酸化機構の理解** **13:40~14:15**  
秋山 亨 (三重大学)

SiCは、高出力および高周波数で動作する電子デバイスへ適用可能なワイドギャップ半導体として注目されており、またSiと同様にSiCは熱酸化によってSiO<sub>2</sub>絶縁膜が得られることから、金属-酸化物-半導体電界効果トランジスタ(MOSFET)等の電子デバイス作製において他のワイドギャップ半導体にはない利点を有している。しかしながら、SiCの熱酸化機構に関してはいくつかの酸化膜形成モデルが提案されているものの、さまざまな酸化膜形成速度の報告や顕著な面方位依存性があり不明な点が多い。特に、Si面のSiCにおける酸化速度は他の(C面やa面)に比べて格段に遅く、これら面方位に依存した界面構造の面方位依存性も指摘されている。また、酸化種に依存した酸化機構についても報告がなされており、水蒸気を用いたウェット酸化においては通常のドライ酸化とは異なる活性化エネルギー値が得られている。本講演では、これらの現象を理解するうえで必要となるSiC熱酸化の素過程の解明を目的とした理論的研究を紹介する。

**第一原理計算による SiC 界面酸化反応機構の解明** **14:15~14:50**  
大野 隆央 (物質・材料研究機構)

SiCパワーデバイス開発では酸化膜界面近傍に存在する欠陥準位密度の低減が重要な課題となっている。これまで炭素原子由来の欠陥準位の重要性が示唆されているが、界面近傍に現れる欠陥構造など酸化膜界面構造の詳細は明らかになっていない。本発表では、第一原理分子動力学(MD)及び古典MD手法を用いたSiC界面酸化反応のシミュレーション解析を紹介する。第一原理MD解析では、界面近傍でのC原子の凝集とCクラスタの形成、

ネットワークからのCO/CO<sub>2</sub>分子の脱離、SiCバンドギャップ中準位とCクラスタ数の相関などをSi面とC面を比較しつつ議論する。古典MD解析では、第一原理MD解析で得られる原子構造を参照系として最適化した古典力場を用いた大規模MD解析により、酸化膜の成長と面方位依存性などを議論する。時間があれば、NO酸窒化に関しても報告したい。

**休憩 14:50~15:05**

**SiC MOS 界面における窒素の局所構造解析**

**15:05~15:40**

**森 大輔 (富士電機)**

SiO<sub>2</sub>/SiC 界面への窒素(N)導入は SiC MOSFET のチャネル移動度や信頼性を向上させるが、その効果には SiC 基板の面方位依存性がある。トレンチ構造を用いる低抵抗 MOS においては N 効果の面方位依存性の制御が課題である。SiC 界面のエンジニアリングを本質的な原子レベルの観点から理解するためには、導入した N の局所構造とその面方位依存性に関する情報が重要となる。本稿では光電子回折(X-ray photoelectron diffraction: XPD)を用いて SiO<sub>2</sub>/SiC 界面の N 局所構造を解析した結果を紹介する。

**SiC 表面構造制御**

**15:40~16:15**

**田中 悟 (九州大学)**

近年、オン抵抗低減のためにプレーナー型 MOSFET からトレンチ型 MOSFET へ素子構造が移行しており、それに伴いチャネルが Si 面(0001)から m 面(1-100)となっている。トレンチ型 MOSFET の性能向上のためには、プレーナー型同様にキャリア移動度や界面準位の改善が大きな課題である。Si 面(0001)のアナロジーとして m 面においても窒化処理による界面準位密度の低減が効果的であるとされている。しかし、m 面表面は、窒化効果はもとより m 面自体の表面構造や更には酸化物界面に関する知見もほとんどなく、基礎的な研究が必要である。そこで、我々は SiC 基板 m 面の水素および窒化アニール効果を原子レベルの表面構造と結合状態に関する観点から調べている。本発表においては、まず Si 面(0001)の表面構造およびその上に安定なエピタキシャルシリケート、SiON 等の2次元酸化膜について述べた後、m 面の水素あるいは窒素ガスによる表面処理後の表面構造および結合状態について、LEED、STM、XPS により調べた結果について報告する。

**SiO<sub>2</sub>/SiC 界面の移動度及び伝導帯近傍の界面準位密度に対する面方位の効果**

**16:15~16:50**

**畠山 哲夫 (富山県立大学)**

SiC MOSFET では MOS 界面の低移動度が課題であり、移動度向上を目的として窒化を始めとする様々な界面制御プロセスや Si 面とは異なる面方位の使用が検討されてきた。MOS 界面の低移動度の原因の一つは SiC MOS 界面固有の伝導帯近傍の高密度の界面準位であり、我々はこの界面準位の定量化手法として、Split-C-V 測定とホール効果測定を組み合わせる手法を考案した。本評価法を用いて、面方位及び POA 条件の異なる SiO<sub>2</sub>/SiC 界面のバンド端近傍の界面準位及びホール移動度を評価し、電界効果移動度の面方位依存及び POA 条件依存の原因に関して考察を行った。

**SiC トレンチ MOSFET のキャリア散乱機構**

**16:50~17:25**

**朽木 克博 (豊田中央研究所)**

チャネル抵抗低減の観点から、トレンチ型 SiC MOSFET が優位と考えられ、研究開発が盛んである。一方、プレーナ型素子から期待されるチャネル移動度は報告されておらず、キャリア散乱機構は十分に理解されていない。本研究では、チャネル移動度低下の支配要因解明を目的として、チャネル移動度の評価手法を検討し、SiC MOSFET におけるキャリア散乱モデルを提案した。このキャリア散乱モデルを用いて、トレンチテーパ角およびトレンチ側壁の表面ラフネスがチャネル移動度に及ぼす影響を解析した。

**閉会のあいさつ**

**17:25~17:30**

.....

■参加受付: WEB 参加受付システム([ここ](#)をクリック\*)から参加登録をお願いします。12月7日(金)の登録状況でテキスト印刷部数を決定しますので、以後の登録ではテキストを当日お渡しできない可能性があります。

\*本案内が印刷物の場合、<http://annex.jsap.or.jp/adps/pdf/kenkyuukai12.pdf> よりアクセスして下さい。

■参加費: (テキスト代・消費税込)当日会場にてお支払いください。

先進パワー半導体分科会会員\*\* 2,000 円、分科会学生会員 1,000 円、一般 4,000 円、一般学生 1,000 円

\*\*先進パワー半導体分科会賛助会員所属の方は先進パワー半導体分科会会員扱いとします。

**問合せ先:**

矢野 裕司 (筑波大学)	TEL: 029-853-5781	e-mail: yano.hiroshi.fn@u.tsukuba.ac.jp
喜多 浩之 (東京大学)	TEL: 03-5841-7164	e-mail: kita@scio.t.u-tokyo.ac.jp
土方 泰斗 (埼玉大学)	TEL: 048-858-3822	e-mail: yasuto@opt.ees.saitama-u.ac.jp
細井 卓治 (大阪大学)	TEL: 06-6879-7282	e-mail: hosoi@mls.eng.osaka-u.ac.jp
五十嵐 周 (応用物理学会事務局)	TEL: 03-3828-7723	e-mail: igarashi@jsap.or.jp