

次世代パワーデバイス用 ダイヤモンド電界効果トランジスタ

SATテクノロジー・ショーケース2013

■ はじめに

次世代パワーエレクトロニクス分野では、過酷な環境下で安定動作可能な超高速・ハイパワースイッチングデバイスの実現が急務であり、シリコン(Si)半導体に代替する屈強な新材料の導入が不可欠である。よって同分野の開拓には、新材料を探索し自由自在に駆使することが重要な鍵となる。我々は、材料・物質特性の観点から究極の半導体である窒化アルミニウム(AlN)・ダイヤモンドと良好な絶縁材料であるアルミナ(Al_2O_3)を選定し、両材料の特徴を最大限に利用したFETデバイスを作製することで上記課題を解決する。

上記材料は、物質特性が優れている反面、結晶成長(堆積)が非常に難しい。そこで我々は、最先端の結晶成長(堆積)技術を駆使してダイヤモンド基板上に金属-絶縁体-半導体(MIS)構造を形成し、MIS型のpチャネル電界効果トランジスタの試作・評価を行なっている。AlN成長は高温有機金属化合物気相成長(HT-MOVPE)法を用い、 Al_2O_3 堆積は原子層堆積(ALD)法を用いている。

■ 活動内容

1. HT-MOVPE法によるAlN結晶成長

窒化ガリウム(GaN)を代表とする窒化物半導体(AlGaInN)は、理論上の融点(GaNの場合2791K、AlNの場合2473K)における窒素の平衡蒸気圧が1万気圧より遥かに高いため、高品質な結晶を得ることが非常に難しい。本研究では、1986年、名古屋大の赤崎教授・天野教授らによって開発されたMOVPE法及び低温体積緩衝層技術を応用し、(111)ダイヤモンド基板上にAlNを成長させている。Al原料にはトリメチルアルミニウム(TMAI)、N原料にはアンモニア(NH_3)を用いており、AlN結晶成長は1200-1400°Cと非常に高温な条件で行なっている。高温にすることでAl原子のマイグレーションを促進し、高品質AlN結晶成長を実現している。

2. ALD法による Al_2O_3 結晶堆積

半導体材料の代表であるSiは、我々が何も手を加えなくても自然に酸化膜(SiO_2)を表面に形成し、同時にそれが良好な絶縁膜として動作する。しかしながら他の半導体は、上記自然酸化膜をデバイスに用いることが出来ないため、人工的に絶縁膜を形成する必要がある。本研究では、ALD法を用いて Al_2O_3 結晶の堆積を行なっており、Al原料にはTMAI、O原料には水(H_2O)を用いている。周期的な

パルスガス交互供給により1サイクルで1原子層成長が可能であり、原子層成長を利用することで高品質な Al_2O_3 結晶堆積を実現している。

3. 電界効果トランジスタの作製

FETデバイスは、①素子分離、②ソースドレイン電極形成、③ゲート電極形成の工程を経て作製する。各工程で適宜、レーザー及び電子ビームリソグラフィ法、リフトオフ法、誘導結合プラズマエッチング法、電子ビーム蒸着法を用いる。ソースドレイン電極はパラジウム/チタン/金(Pd/Ti/Au)、ゲート電極はニッケル/金(Ni/Au)を用いる。

4. まとめ

本研究で特性改善されたダイヤモンドFETは、自動車分野・無線通信分野・宇宙開発分野等の幅広い分野での応用が可能であり、本結果は、次世代パワーデバイス開発の一翼を担うものである。

■ 関連情報等

1. 特許

特開2012-084781号 “電界効果トランジスタ及びその製造方法” (2012) 井村将隆、小出康夫、Meiyong Liao、早川竜馬、天野浩

2. 施設

本研究の一部は、文部科学省の科学技術研究費補助金若手研究(B)“23760319及び21760268”、「低炭素研究ネットワーク(LC-net)」、「ナノテクノロジープラットフォーム事業」、「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス(GRENE)」の援助を受けて行ったものである。特に半導体デバイスプロセスは、NIMS微細加工プラットフォーム内の最先端微細加工プロセッシング装置及びナノスケール観察・測定評価装置を用いて実施した。

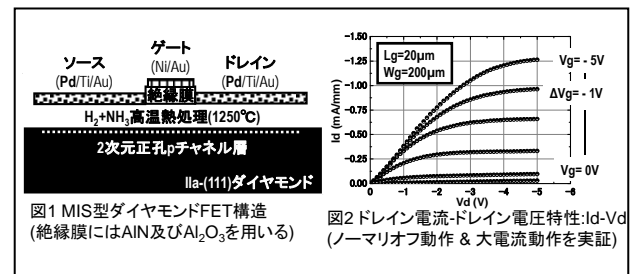


図1 MIS型ダイヤモンドFET構造 (絶縁膜にはAlN及び Al_2O_3 を用いる)

図2 ドレイン電流-ドレイン電圧特性: I_d - V_d (ノーマリオフ動作 & 大電流動作を実現)

代表発表者 井村 将隆 (いむら まさたか)
小出 康夫 (こいで やすお)
所属 (独)物質・材料研究機構
ワイドギャップ機能材料グループ
問合せ先 〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1
TEL: 029-860-4743 FAX: 029-860-4706

■ キーワード: (1) ダイヤモンド
(2) 窒化アルミニウム
(3) 電界効果トランジスタ