

先端技術キーワード解説

知っておきたい最新の動き

[GaN パワーデバイス]

ノーベル物理学賞を受賞した青色発光ダイオードを実現した材料は、GaN（窒化ガリウム）です。このGaNについて、近年、パワーデバイスへの活用としての研究が活発になっています。これは、高品質なGaNが得られるようになったことから、そのポテンシャルに注目されるようになったためです。

Si（シリコン）、SiC（シリコンカーバイド）、GaAs（ガリウム砒素）と比較してみましょう。それぞれの物性値を以下の表（文献1）より）に示します。

| 物性値 | Si | SiC (4H型) | GaN | GaAs |
|---------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| バンドギャップ | 1.12 eV | 3.26 eV | 3.42 eV | 1.42eV |
| 電子移動度 | 1350cm ² /Vs | 1000cm ² /Vs | 1500cm ² /Vs* | 8500cm ² /Vs* |
| 絶縁破壊電界 | 0.3MV/cm | 2.5～3 MV/cm | 3MV/cm | 0.4MV/cm |
| 熱伝導率 | 1.5W/cm/K | 4.9W/cm/K | 2.0W/cm/K | 0.5W/cm/K |

*2次元電子ガスの場合

（注）「2次元電子ガス」とは、素子ヘテロ構造の界面に強い分極から発生するもので、高い電子移動度を示します。GaAs系トランジスタでは、これを応用した「AlGaAs/GaAsヘテロ構造」を用いた「高電子移動度トランジスタ（HEMT）」が実用化され、すでに、BS放送の受信などに用いられています。

この比較から、GaNは、現在、パワーデバイスとして先行しているSiCより電子移動度が大きい（高速でスイッチングが可能）、また、高周波系トランジスタとして独り舞台だったGaAsより、大きなバンドギャップ、絶縁破壊電界を持っている（大きな出力電圧が可能）ことがわかります。

このような優れた物性を持ちながらも、GaNのパワーデバイスへの実用化は遅れています。大きな課題が立ちふさがっているからです。

それは、「ノーマリー・オン動作」になってしまうことです。これは、非動作状態（ゲートに電圧が印加されていない状態）で、電流が流れているということです。パワー系に用いるデバイスとしては、致命的な特性です。

パワーデバイスとして、求められるのは、「ノーマリー・オフ動作」です。ゲートの制御に不具合があったとしても、その状態では電流が流れない状態とする必要があります。

皮肉にも、この「ノーマリー・オン動作」をもたらしているのは、GaNの高周波動作を実現している「2次元電子ガス」です。

これに対するアプローチは、「2次元電子ガス」を用いながらも、「ノーマリー・オフ動作」の実現です。具体的には、カスコード接続（「ノーマリー・オフ」を実現するスイッチング素子Si MOSFETを従属接続）、ゲート直下に空乏層を生成などがあります。現段階では、決め手となるものはありませんが、少しずつ、ゴールが近づいてきた印象があります。

エネルギー問題は、地球規模のテーマです。その問題には、エネルギーそのものだけではなく、変換、活用などにおける損失もあります。もし、パワーデバイスの効率化が実現できれば、この損失を大幅に低減することができます。高効率のGaNパワーデバイスは、今、最も期待の高いデバイスの一つです。

(参考文献)

- 1) 日経テクノロジー GaN パワー素子の開発が活発に、ノーマリー・オフ動作にも道筋 須田 淳
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20141010/381871/?ST=energytech&P=1>

(注)

本解説は、執筆当時の状況に基づいて解説をしております。ご覧になる時には、状況が変わっている可能性がありますので、ご注意をお願いします。

Copyright (C) Satoru Haga 2015, All right reserved.

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 技術・経営の戦略研究・トータルサポーター | 工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 芳賀 知 |
| ティー・エム研究所 | |
| E-Mail: info_tm-lab@mbn.nifty.com | URL: http://tm-lab@a.la9.jp/ |