

先端技術キーワード解説

知っておきたい最新の動き

[SiC (Silicon Carbide : 炭化ケイ素)]

2010年4月から、ナノテク研究の産官学連携拠点「Tsukuba Nano-tech Innovation Arena (TIA nano)」が、始動したとのことです。ここは、SiC 半導体関連の国家プロジェクトの主要拠点となります。本プロジェクトの最終的なアウトプットは、SiC 半導体の一貫試作ラインを構築するとのことです。現在、国が注力している SiC について今月は取り上げてみたいと思います。

SiC 半導体とは、炭素 (C) とケイ素 (Si) が1対1で共有結合した結晶を基盤とする半導体です。本 SiC 半導体の最大の特徴は、バンドギャップが 3.25eV と従来の Si 半導体に比べて3倍と広いことです。このため、絶縁破壊にいたる電界強度が 3MV/cm と10倍程度大きくなります。また、SiC は熱伝導度が Si の3倍以上であり、 300°C 以上の高温においても電気的特性が安定しているばかりか、デバイス化した場合にはデバイス内部での電力損失を Si 半導体の $1/10$ 近くまで抑えられます。さらに、耐薬品性に優れ、放射線に対する耐性も Si 半導体より高いという特徴を持ちます。

こうした特徴により、SiC は、従来の Si 半導体より小型、低消費電力、高効率のパワー素子、高周波素子、耐放射線性に優れた半導体材料として期待されています。



SiC 材料そのものは、セラミックス構造材料として、これまで、ディーゼルエンジンの排ガス用フィルター、半導体製造装置用治具類、高温ファンの羽根や熱交換器などに使われてきました。

1960年代から、半導体材料としてのポテンシャルに目が向けられ、半導体素子向けの研究が始まっています。近年まで、SiC 半導体素子として、ショットキーダイオードは初期の頃から試作されていましたが、主流である MOS FET への適用には大きく二つの課題がありました。その一つ目は、半導体素子中を流れる電流を制御するチャンネル部の抵抗が高いこと、二つ目は半導体素子材料として要求される欠陥の少ない単結晶を得ることが難しかったことです。

一つ目のチャンネル部の抵抗については、イオン注入の際に欠陥が発生し、表面が荒れてしまう（ステップバンチング）ことによります。これに対して、近年、三菱電機は、表面の荒れを平坦化するためにエピタキシャル成長膜に工夫を加えることで、抵抗を下げることに成功したと報告しています。また、ロームは、ゲート絶縁膜の形成方法を改良することで抵抗を下げることに成功したと報告しています。

二つ目の欠陥密度については、豊田中央研究所が「RAF 法」という手法で、転移欠陥に対して平行に切断した結晶を種結晶とすることにより、中空貫通欠陥（マイクロパイプ欠陥）だけでなく、微細な転移欠陥を低減することに成功したと報告しています。また、HOYA が Si 基板に1方向の起伏を設け、3C-SiC の気相成長過程で欠陥同士が衝突しあって消滅する欠陥解消機構を開発したと報告しています。これまで大きな課題とされていたことについては、克服できる目途がつけ始めました。

さらに、最近、日本原子力研究所と産業技術総合研究所は共同で、SiC-MOS FET を開発し、SiC トランジスタで世界最高のチャンネル移動度 ($230\text{cm}^2/\text{Vs}$) を実現したとの報告があります。加えて、産業技術総合研究所と山梨大学は共同で、電力損失が世界最少の SiC パワートランジスタ（世界最小のオン抵抗で、電力損失を Si-IGBT と比較して $1/12$ に削減できる）を開発したとの報告もあります。課題対応だけ

ではなく性能面での向上の動きも活発となっています。

SiC 半導体は、現在主流の Si 半導体に比べて、高温動作が可能で、高電圧大電流に耐えられる性質を持ち、自動車、鉄道車輛、産業機器、家電機器等の電力制御部品の軽量化や小型化に寄与します。また、電力制御の過程でのエネルギー損失も現状の Si 半導体より 1/10 近くまで抑えられるので、省エネルギーが可能となります。

SiC 半導体の本格的な実用化は 2012 年と想定されています。そして、2020 年の市場規模は 1 兆円を超えると予想されています。期待の高い SiC 半導体です。今後の動向を見守りたいと思います。

(日経エレクトロニクス 2010 年 4 月 5 日号等を参考)

(図は、ローム (株) ニュースリリース <http://www.rohm.co.jp/news/080911.html> より引用)

(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 2010, All right reserved.

<p>技術・経営の戦略研究・トータルサポータ</p> <p>ティー・エム研究所</p>	<p>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</p>
<p>E-Mail: info_tm-lab@mbn.nifty.com URL: http://tm-lab@a.la9.jp/</p>	