

第36伝

金属よりも1万倍以上流れやすい!
GaN速パワー弾の科学

吹けば飛ばよな電子ガス。原子1個精度の超ツルツル管を瞬間移動

第28伝～第35伝で見えてきたように、昨年、新製品が相次いだGaN(ガリウム・ナイトライド)トランジスタは、電源回路の小型化と高出力化の両立に欠かせない次の3つの性能を備えています。

- (1)高耐圧 (2)高速スイッチング (3)低オン抵抗

ここでは、GaN半導体の中身からその理由を追いかけてみます。 〈編集部〉

現代の高輝度LEDが生まれるまで

● 今どきの半導体は原子サイズの超微細加工技術で作られている

材料がシリコンだけの単元素半導体は、P層とN層のキャリアの濃度の制御と酸化膜の組み合わせだけで素子を作ります。この半導体を高機能にしていくなめには、微細化するしかありませんが、古典的な物理の壁に突き当たっています。

最近では、微細な構造を原子サイズ・レベルで精密に作り、電子の働きを操作しています。まさに「量子物理」をデバイス製作に利用しています。

● 今どきの優れたLEDの光は「量子力学」の賜物

GaNをはじめとする、2つ以上の原子が結合してできる半導体(化合物半導体という)は、製作は難しいですが、バンドギャップ(禁制帯幅)も調節して高性能な素子が実現できるすばらしい素材です。

現在当たり前目にしているほとんどの発光素子(LED)は、とても精密な「原子層」を制御する結晶成長技術によって実現されました。

現在、GaNのようなIII-V族化合物半導体の多くは、成長原料であるIII族元素(Al, Ga, In, …)の有機金

属とV族元素(N, P, As, …)のガスを気相中で熱反応させ、適当な単結晶基板ウェハ上に降り積もらせて作っています。これを有機金属気相成長(MOVPE: Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法と呼びます。

実際は、単に降り積もらせるのではなく、最適な各原料の比率や温度を精密に制御して、単結晶として積みます。これをエピタキシャル成長と呼びます。

● 構造の進化! LEDの発光効率100%が達成されるまで

シリコン半導体では、一定のバンドギャップに不純物や厚さなどのパラメータで素子を設計しますが、化合物半導体ではバンドギャップをも自由に設計できます。

図1～図3に、LEDの発光効率が100%に至るまでの、化合物半導体の構造の進化のようすを示します。

① シングル・ヘテロ構造(SH)

図1に示します。LEDが開発された初期の構造です。N基板の上にN層を成長させて、次にP層を成長させて、単純なPN接合を作っただけでは、発光効率が低く、室内でしか使えない明るさしか得られません。これは、P層からN層にホールが注入されることによる発光は効率が良くないからです。

そこで図1に示すように、N層のバンドギャップを広げると、P層からN層へのホール注入がなくなって、注入はN層からP層への電子だけになり、発光効率が上がります。

② ダブル・ヘテロ構造(DH)

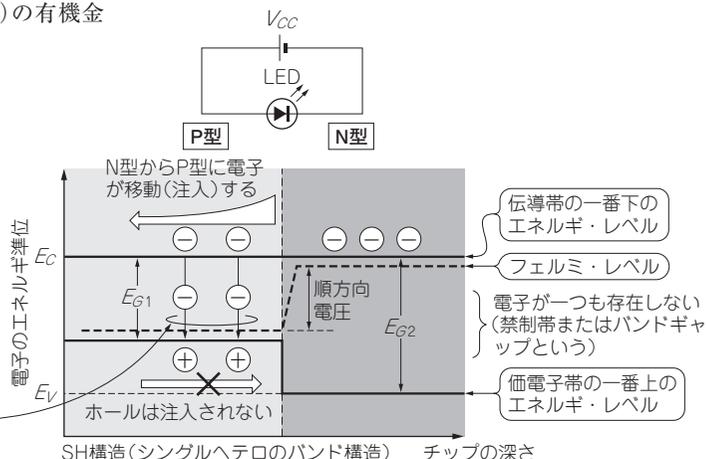
図2に示すように、P層とN層のバンドギャップを広くした構造です。発光効率が飛躍的に向上し、初めて半導体レーザがAlGaAsの3元系結晶で実現されました。後に、CDプレーヤのピックアップ用レーザに利用されました。

中間のバンドギャップの狭い層は、ホールと電子が

図1 半導体構造の進化① (LEDの内部発光効率100%が達成されるまで): ホモ構造からシングル・ヘテロへ

バンドギャップが等しいP層とN層を接合したホモ構造(第37伝)からバンドギャップの小さいP層(GaNなど)と大きいN層(例えばAlGaIn)を接合した構造へ進化。LED開発初期の単純なPN接合構造は発光効率が低い。E_VのVはValenceのV、E_CのCはConductionのC

N型伝導体からP型伝導体に電子が移動し、正孔と再結合して消滅する。このときエネルギーが放出されるので光が出る!



【セミナー案内】実習・MAX10 NiosII プロセッサ活用超入門

—— ハードとソフトのいいとこ取り開発に挑戦

【講師】横溝 憲治 氏, 8/23(水) 23,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>