



省エネデバイスを実現する大口径GaNウエハ

太陽光発電でパソコンを動かすまでの流れ

パワーデバイスで4回も電気を変換
変換する度にエネルギーが損失(株式売買の手数料・経費に相当)

家庭発電システム → パソコン → SW電源 → DC-DC → Point of Load → 40nm LSI プロセッサ

発電電力 82W → 77.5W → 71.8W → 68.2W → 60W

損失: 4.5W (5.5%), 5.4W (7%), 3.6W (5%), 8.2W (12%)

家庭内での損失 22W (発電した電力の1/4)

Siより強いGaNパワーデバイスを使えば省エネルギーを実現

パワーデバイス (現在はSi) → 交流電力 95W (損失 5W) → GaN → 交流電力 99.5W (損失 0.5W)

従来Siデバイス → GaNデバイスを使うと

サイズ: 1/10, 電気抵抗: 1/10, 損失(経費): 1/10

GaNはSiの十人力
仕事の効率が向上 (変換の経費削減)

LED用GaN結晶では縦型パワーデバイスは実現出来ない

LEDは電線 パワーデバイスはガス管

現在のLED用GaN結晶 → パワーデバイス用GaN結晶の理想

無転位 GaN結晶

理想: 漏れ無し

世界初の革新的結晶育成技術ポイントシード法

サファイア基板上的HVPE(気相)成長法

現状技術: HVPE(気相)成長法
成長温度: 高い
高品質化: 困難
GaNCl + NH₃ → GaN
サファイア基板 1050°C
温度が下がる...
20°C
サファイアとGaNの熱膨張係数差で戻る
むりやり切り出す
現状
転位
転位密度 ~ 10⁸ cm⁻²

新規アイデア: Naフラックス(液相)成長法
高品質化: 容易(転位が自然に減少)
成長速度: 横方向速度が速い
Na + Ga → GaNa
ポイントシード法
温度が下がる...
転位密度 10⁷ cm⁻²以下
成長GaN結晶(高品質) → サファイア基板 900°C
サファイアとGaNの熱膨張係数差で自然に分離(無転位)

天野先生のイノベーションと阪大のイノベーションの協奏と共創

ポイントシード Naフラックス法によるGaN結晶成長

ポイントシードが合体したGaN結晶

ALCA実用技術化プロジェクト
GaN種結晶を用いたGaNウエハ量産化

GaN種結晶 バルクGaN結晶育成 ウエハ量産 デバイスメーカー

サファイア種結晶 → GaN種結晶 → HVPE法 Naフラックス法 アモ/サーマル法 OVPE法(パナソニック)

種結晶に求められる条件
・転位密度が少ない
・反りが少ない
・格子定数が制御できる
・口径が大きい
⇒ Naフラックス製GaN結晶がピッタリ

GaNウエハ実用化の課題 ⇒ 大口径・低コスト化
バルクGaN結晶育成によるGaNウエハ量産化技術の確立

展示概要

我が国では一次エネルギーのうち40%以上が電力として消費されています。これらの電力エネルギー消費量を低減させる方法として、電力の直流・交流変換時の損失を低減することが挙げられます。そこで、Siを含め既存の半導体よりも高効率に電力変換できる半導体が必要となります。また、GaNウエハを活用することで、近視を抑制する効果があるとの報告がある紫色を含む白色LEDが実現します。

GaN系窒化物半導体は、理論的には半導体材料の中では最も省エネルギー特性に優れた光・電子特性を有していますが、GaN系半導体デバイスがサファイアやSi等の異種基板上に作製されているため結晶品質が悪く、能力が発揮できていません。デバイス特性向上には、高品質GaNウエハが必須になるのです。本展示では、大阪大学で研究開発していますポイントシードを用いたNaフラックス法によるGaNウエハ作製技術をご紹介します。

製品化・実用化の課題と見込み

白色LEDやパワーデバイス等のGaNデバイスは、その優れた性能から今後の市場拡大が期待されていますが、そのためには、大口径・高品質で低価格のGaNウエハの普及が望まれています。本提案では、Naフラックス・ポイントシード法で作製した高品質GaN結晶を高速バルクGaN結晶育成を可能とする気相成長法の種結晶として用いることにより、大口径・高品質GaNウエハの低コスト化を目指しています。

白色LEDのGaNウエハは大口径化が課題ですが、Naフラックス・ポイントシード法により解決出来る見込みが立っています。課

題としては均一性と歩留まりで、この問題は近い将来解決できる見通しがついています。電力変換用半導体としては、リーク電流低減に向け、一層の高品質化が必要ではありますが、現在、転位とリーク電流の相関を検討している中で、Naフラックス法で作製したGaN結晶にはリークの原因となる転位が、そもそも少ないことを示唆する結果も得られています。

まずは白色LED用GaNウエハが事業化され、続いて電力変換パワーデバイス用GaNウエハの事業化が始まると考えています。

出展機関情報

出展機関名: 大阪大学
部署名: 大学院工学研究科
代表研究者: 教授 森 勇介

支援プログラム

支援プログラム名称: 戦略的創造研究推進事業
先端的低炭素化技術開発(ALCA)
高品位大口径GaN基板の開発
期間: 平成24年度~平成32年度