

半導体デバイスの利用範囲を大きく広げる世界初の GaN系半導体剥離プロセスを開発 — 太陽電池や薄いLED作製などへの適用に期待 —

従来の10倍の速度で伝送距離を大幅に拡大する新光増幅技術

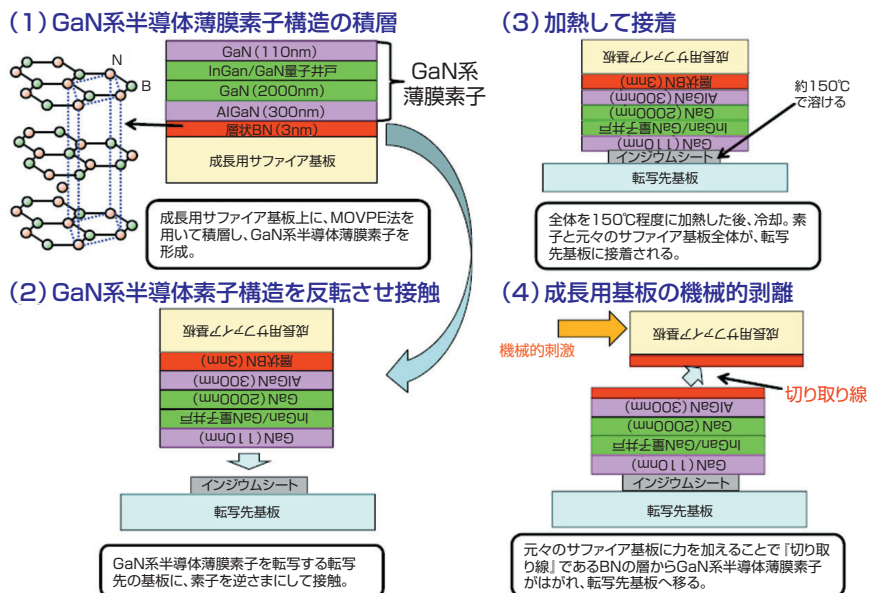
NTTは4月11日、現在発光ダイオード(LED)などに広く使用されている窒化ガリウム(以下、GaN)系半導体薄膜素子^{※1}を成長用サファイア基板^{※2}から簡単に剥離するプロセスの開発に成功したことを発表した。今回の技術を用いることにより、2 μ m(0.002mm)といった非常に薄いGaN系半導体薄膜素子を低コストで作製することが可能になる。本技術により、可視光を透過し紫外線のみを効率よく吸収する特性を持つ太陽電池の開発や200 μ m(0.2mm)程度の薄いLEDの作製など、GaN系半導体薄膜材料の応用範囲が大きく広がることが期待される。

GaN系半導体は、無線通信やパワーエレクトロニクスで使用される高出力電子デバイス、信号機・照明などに使用される可視光デバイスなどの半導体材料として広く使われている。現在、これらの様々なデバイスは、成長用サファイア基板(以下、成長用基板)上に積層したGaN系半導体薄膜素子(以下、薄膜素子)を加工して作られている。成長用基板は、薄膜素子を積層及び加工する

際の土台となるものであり厚みが0.5mm程度必要となることから、薄い太陽電池や薄いLEDを作製しようと試みても、成長用基板の厚みがLED全体の厚みとなってしまう問題があった。そのため、加工後に成長用基板から薄膜素子をきれいに剥離し、別の基板に貼り付けることが可能となれば、利用範囲が大きく広がると考えられ、世界中で研究が盛んに行われている。

NTTの物性科学基礎研究所では、グラファイト(2010年にノーベル物理学賞の対象となったグラフェ

ン^{※3}が積み重なったもの)と同じ層状の結晶構造を持つ窒化ホウ素(以下、BN)に着目し、成長用基板から薄膜素子を剥離し別の基板に貼り付ける研究を行ってきた。同研究所は、長年にわたり開発・蓄積してきた窒化物半導体薄膜に関する積層技術をベースに、MeTRe法(メートル法: Mechanical Transfer using a Release layer)という成長用基板から薄膜素子を剥離する方法を世界で初めて開発した(図1参照)。



出典: NTT報道発表資料 (<http://www.ntt.co.jp/news2012/1204/120411b.html>)

図1 GaN系半導体薄膜をはがして転写する(メートル法)プロセス

半導体薄膜素子の作製時間と作製コストの大幅な削減が可能に

MeTRe法を用いると、剥離後の結晶面を綺麗に保つことが可能となるため、従来から提案されている転写方法と比較した場合、剥離後に表面を削って平らにする工程が不要となる。また、剥離するための大規模装置や薬剤も不要となるため、作製時間及び作製コストの大幅な削減が期待されている。

今後、窓に透明な薄膜素子を貼り付けることで、太陽光に含まれる紫外線のみを遮断する事が可能となり、遮断した紫外線で発電する太陽電池の開発が可能となる。また、非常に薄い(0.2mm厚)LEDの作製も可能となる。さらには、剥離する薄膜素子の面積を大きくすることで、大面積の薄膜素子上に別の材料を積層して新たな機能を持つ薄膜素子を大量生産するといった応用研究の道も開けると期待されている。

●高品質な層状BN薄膜の積層

MeTRe法では、成長用基板上に層状の結晶構造を持つ高品質のBN薄膜を積層させ、その上にさらに高品質薄膜素子を積層させる。この構造では、BN薄膜が成長用基板と薄膜素子との間の「切り取り線」としての役割を担うため、簡単に剥離し別の基板に貼り付けることが可能となった。今回、BN薄膜の品質を左右する「成膜パラメータ」から最適な条件を見つけ出すことで、結晶の方向が揃った高品質なBN薄膜が積層できるようになった。

●層状BN薄膜上への高品質GaN薄膜素子の積層

層状物質であるBN薄膜の上に、結晶構造の異なる窒化アルミニウムガリウム($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$)あるいは窒化アルミニウム(AlN)バッファ層^{※4}を積層した後に、薄膜素子を積層させた。

層状BN薄膜の上にウルツ鋳型構造^{※5}をもつGaNを直接積層させる

ことは、結晶構造の違いから困難とされていたが、今回は一般に下地基板とのぬれ性^{※6}が良く、結晶構造が異なる基板上への積層実績がある、Alを含む $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ や AlN を層状BN薄膜とGaNの間にバッファ層として用いることにより、結晶構造の違いにかかわらず、高品質な薄膜素子を積層することを可能にした。

今回の成果により、成長用基板から薄膜素子の品質を保持したまま簡単に剥離することが可能となる。NTT研究所では、今後は剥離する薄膜素子の面積を大きくするとともに、窓や乗り物に貼り付けて使う太陽電池への応用や既存デバイスの特性改善などの実証に取り組んでいく。

お問い合わせ先

日本電信電話株式会社
先端技術総合研究所
広報担当
TEL : 046-240-5157
E-mail : a-info@lab.ntt.co.jp

関連キーワード

- ※1 GaN系半導体薄膜素子：窒化物半導体のうち、GaN、AlN、InNおよびそれらの中間の組成を持つ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ の総称を「GaN系半導体」という。GaN系半導体の薄膜を積層・加工して機能をもつ素子に仕上げたものをGaN系半導体薄膜素子という。
- ※2 成長用サファイア基板：原子配列を揃えて積層した薄膜結晶を支えるサファイアの単結晶。
- ※3 グラフェン：1原子層の厚さの炭素原子からなるシートで、蜂の巣のような六角形の格子に炭素原子が並んで結合している物質。この物質の中では、電流を運ぶ電子やホールが室温でも散乱されにくい性質を示すことなどから次世代デバイス応用へ向け近年盛んに研究されている。
- ※4 バッファ層：結晶の上に別の結晶の薄膜を積層する場合、その物質同士の結晶構造の違いや原子の配列の違いにより積層できない場合がある。この問題を、両方の物質の中間の性質を持つような物質を間に挟むことで解決する方法があり、本役割を果たす層をバッファ層と呼ぶ。
- ※5 ウルツ鋳型構造：結晶構造を表す名称の1つで、AlN、GaN、InNをはじめとする窒化物半導体の多くが本構造をとる。
- ※6 ぬれ性：固体素材の表面に液体がどの程度馴染み易いかを表す指標・用語。馴染み易い場合、平らな薄い膜状に広がりやすい。馴染みにくい場合、液滴を作り広がりにくくなる。

出典：NTT報道発表資料 (<http://www.ntt.co.jp/news2012/1204/12011b.html>)