InAs/GaAs(111)A のメタモルフィック成長とその赤外線検出器応用

Metamorphic-growth of InAs/GaAs(111)A and its application to infrared detectors

物材機構，°間野 高明，大竹 晃浩，川津 琢也，宮崎 英樹，佐久間芳樹

NIMS, °Takaaki Mano, Akihiro Ohtake, Takuya Kawazu, Hideki Miyazaki, Yoshiki Sakuma

E-mail: MANO.Takaaki@nims.go.jp

近～中赤外域の赤外線検出はガスセンシングや非破壊検査など多様な用途に必要不可欠な技術である。しかし、1.7μm 帯より長波長域の高性能検出器に関しては、基板が高価であることや複雑な結晶成長が必要となるなどの課題がある。今回我々は、界面において急峻な格子緩和が起きる GaAs(111)A 上の InAs 成長に着目して[1,2]、その赤外線検出器への応用の可能性を探索したので報告する。

結晶成長は分子線エピタキシーにより行った。n-GaAs(111)A 基板上に、基板温度 520℃で、n-GaAs (Si: $1\times10^{18}/cm^3$) + 10nm-undoped-GaAs、続いて、基板温度 460℃で 5ML-undoped-InAs + 300nm-n-InAs (Si: $5\times10^{17}/cm^3$) + 20nm-n-InAs (Si: $2\times10^{18}/cm^3$)を成長した。赤外線検出器は、GaAs 基板裏面及び InAs 表面にオーミック電極を作製した後、ウエットエッチングにより $200\times200\mu m^2$ のメサ構造を形成することにより作製した。(Fig. 1(a))

X 線回折測定により、InAs 膜中の残留歪は約 0.2%程度であることが分かった。これは、InAs 成長初期に界面で転位ネットワークが形成されることによりほとんどの格子不整合が緩和されていることを示している。一方、平面 TEM 測定を行ったところ、Fig. 1(b)に示すように $1.5\times10^9/cm^2$ と比較的高密度な貫通転位が観察された[3]。界面転位ネットワークの形成が期待していたほど貫通転位抑制につながっておらず、成長条件の最適化などが必要である。

Fig. 2 に赤外線検出器の 77K における暗電流特性(青線)および赤外線照射下での *I-V* 特性(赤線)を示す。前述のように、InAs 中に高密度の貫通転位が存在しているにも関わらず、逆方向電圧約-2V までほとんど電流の増加は見られず、順方向電圧では 1.0V 程度までは暗電流の低い状態が続き、その後、急峻な電流の立ち上がりが見られた。これはバンドギャップの大きく異なる n-GaAs と n-InAs が急峻な界面で接合したことにより大きくバンドが曲がり、GaAs 側に欠陥の無い障壁が形成されたためである考えられる。1500nm のロングパスフィルターを通した赤外光を照射すると、明確な光電流が観測された。印加電圧を 1 V 程度まで上げていくと暗電流はほとんど増えないが光電流が大幅に増加することが分かった。最後に、100K における 1 V 印加での分光感度特性を示す。Fig. 2 (inset)に示すように、InAs のバンドギャップに近い 3 ミクロン付近の吸収端が確認された。

以上のように、InAs/GaAs(111)A の接合界面を用いることにより、低暗電流の赤外線検出を簡便に実現できることが分かった。

参考文献　[1] PRB 55, 1337 (1997). [2] PRL 84, 4665 (2000). [3] Sci. Rep. 10, 4606 (2020).

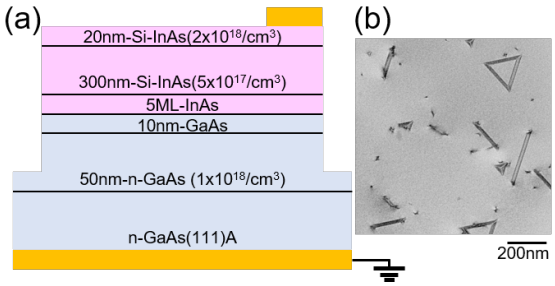

Fig. 1 (a)Schematic illustration of the device structure. (b) Plan-view TEM image of InAs layer grown on GaAs (111)A

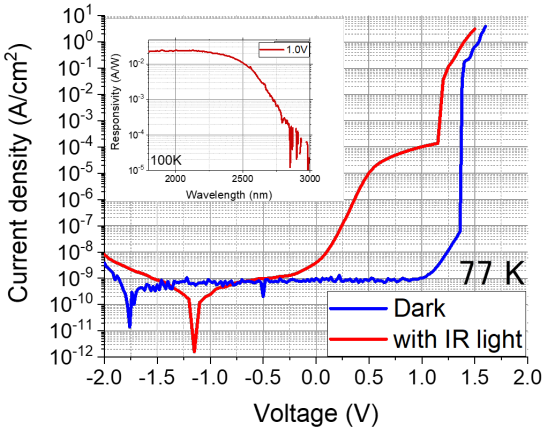

Fig. 2: *I-V* Characteristics with and without IR light at 77K. The inset shows responsivity spectrum at 100K.