

マイクロビーム蛍光 X 線分析による GaAsBi のキャラクタリゼーション

平井教彦、小松原隆司
(株)エックスレイ プレジジョン

背景

将来の 1Tbit/sec 通信にむけて光情報通信網の大容量化が進んでおり、高電子移動度(トランジスタ) (HEMT) と波長分割多重 (WDM) 方式の組み合わせが検討されている。WDM 方式に従来光通信で使用されている GaInAsP 活性層を持った半導体レーザーが使用されているが、発信波長が温度により異なるため温度を一定に保つための付属装置が必要など、コスト、スペースの問題を抱えている。

そこで発振波長の温度変化がない半導体レーザーの開発が望まれており、活性層材料の候補として GaAsBi が有望とされている。GaAsBi 混晶は、わずかな Bi の混入によりバンドギャップの温度依存性の減少が確認されているが、Bi が結晶内に取り込まれにくいなどの課題があった。

その要因が構成元素の原子半径の差によるものと考えられ、Bi よりも原子半径の小さな N を加えて混晶 GaNAsBi を成長させる研究や MOVPE 法による GaInAsBi 混晶の創製への試みはあるが TMIIn の分解が低温では不可能であるため、光通信波長帯用には難点を残している [1]。

原料分解の必要のない固体ソース MBE 法によりエピタキシャル成長層を得る条件を見出した GaAsBi [2] について Bi の表面分布を可視化することを目的として蛍光 X 線分析法によ

る微量元素マッピングを行った。

測定について申請時は、開発中のキャピラリーによる集光と、環状 12ch の X 線検出器を使うことにより高感度での計測を目指していたがビームタイムまでの整備ができなかったため BL37XU の光学系および検出系を用いた。

本研究の実施により GaAsBi 半導体レーザーの製作方法が確立されれば、大容量光通信である波長分割 多重 (WDM) 方式に使われている GaInAsP 半導体レーザーに取って代わることが可能である。その他、化合物半導体ナノテクノロジー分野の量子効果デバイス、量子ドット半導体増幅器と光スイッチなどで発展が期待される。

実験

GaAsBi の成長は 10^{-9} Torr の背圧で (100)GaAs 基板上に固体ソース MBE 法により行った。まず、成長温度 500°C で GaAs バッファ層成長の最適化を行った後、基板温度を 425°C、470°C、490°C で結晶成長を行った。事前に XRD で見積もった GaBi のモル fraction は 425°C: ~0%、470°C: 1.7%、490°C が 1.6% であった。

実験は BL37XU のハッチ 1 内の X 線マイクロプローブを用いて行った。

高原子番号の Bi の蛍光 X 線測定マッピングを行うには、 $K\alpha$ 線は 77.1keV と高エネルギーであるため入射 X 線を高エネルギーで行うと

GaAs 基板上的の GaAsBi 成長層をほぼ透過すること及び、BL37XU 測定光学系を考慮して 16.5keV の X 線を 4 μ m² に集光、試料に照射して測定を行った。

結果、および考察

図 1 に基板温度を 425 $^{\circ}$ C、470 $^{\circ}$ C、490 $^{\circ}$ C で結晶成長を行った試料の蛍光 X 線スペクトルを示す。

Bi の L 線での測定は本試料では AsK α 線 10.54keV と BiL α 線の 10.84keV のピークが重なり判別できないことがわかる。そのため相対的にカウント数が低い BiL β 線 13.02keV でマッピングをすることにした。図 1 において BiL β 線の収量を比較して、XRD 結果と同様の Bi 含有量の傾向を示していることがわかる。

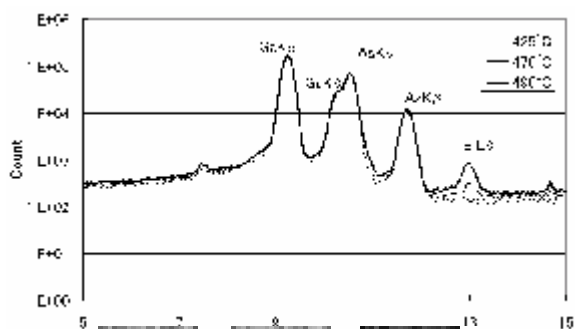


図 1 GaAsBi 成長層を測定したときの X 線スペクトル。(成長時の温度は 425 $^{\circ}$ C、470 $^{\circ}$ C、490 $^{\circ}$ C)

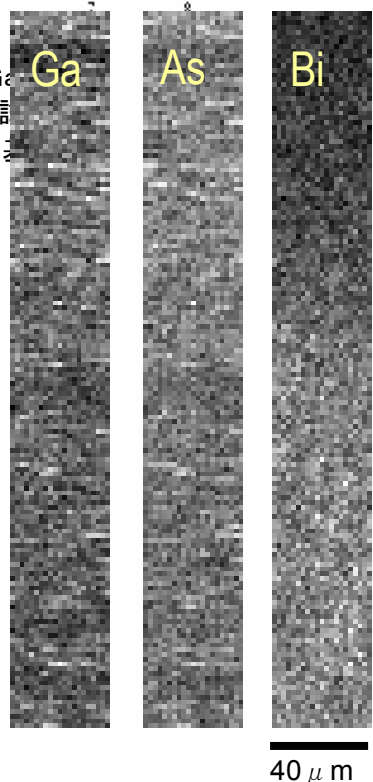


図 2 基板温度 490 $^{\circ}$ C で成長を行った GaAsBi 成長層の元素マッピング

マッピングは基板温度 490 $^{\circ}$ C で成長を行った GaAsBi 成長層について行い、Ga, As は K α 線、Bi は L β 線の強度により分布を図 2 に示す。白が蛍光 X 線の収量大きいことを示している。Bi の分布について上方の黒い部分は成長時基板を支持していたため GaAsBi の成長がなく、成長がある層に関してはほぼ均等に Bi が入っていることがわかる。

今後の課題

通常の X 線管の出力では収量がほぼ望めない BiL β 線を用いてマッピングを行えたのは高輝度光源及び優れた集光特性を持つ BL37XU に因るところが大きいが、高感度の 12ch 検出器などを用いることにより本手法による GaAsBi 成長層の Bi の点在のより高精度での可視化が望める。

謝辞

本研究の遂行にあたり、測定試料をご提供くださいました京都工芸繊維大学工芸学部の吉本昌広助教授ならびに山下兼一助手に感謝の意を申し上げます。

参考文献

- [1] K. Oe : Jpn. J. Appl. Phys., **41** (2002) 2801.
- [2] 村田聡司、茶谷原昭義、吉本昌広、尾江邦重：第 50 回応用物理学関係連合講演会 (2003).