

## 重点産業利用課題報告書

実施課題番号 :2007A1891

実施課題名 :化合物半導体の電気特性安定化のための添加元素の電子状態解析

実施責任者 :住友電気工業株式会社 飯原順次

使用ビームライン:BL27SU

化合物半導体の電気特性安定化のための添加元素の電子状態解析

(住友電気工業株式会社 解析技術研究センター)

飯原順次、斎藤吉広

### 1. 背景・目的

化合物半導体であるInPは、フォトダイオードやHBTなどの光通信用デバイスに必要不可欠の材料である。デバイス特性を改善するには、材料の電気的な特性を精密に制御することが求められている。そのための課題の一つとして、添加された不純物元素の活性化率の安定化が挙げられる。

一般に、InP用のp型不純物として、Znが用いられることが多い。Znの活性化率は、製造プロセスの条件によって30～100%の範囲で変化する。その要因として、Znが占有する格子位置の違い、Znを不活性化させる水素の混入などが指摘されているが、特定には至っていない。

本件はこの問題に対し、Zn不純物の電子状態を元素選択的に調査し、活性化率低下の原因となる準位を特定し、原子レベルでプロセス安定化の指針を得ることを目指している。前期(2006B0152)において、 $10^{18}\text{cm}^{-3}$ のInP中のZn- $L_3$ 吸収スペクトルの検出に成功した(図1)。しかしながら、検出器が約6時間で劣化する現象に見舞われ、再現性の確認に至らなかった。今回は、測定の再現性確認と高S/N化を目的に実施した。

### 2. 実験方法

試料にはInP基板上に成長したZn添加InPエピを使用した。Zn濃度としては、 $1.0 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、 $1.0 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ の2水準を用意した(濃度はSIMSにより確認済み)。また標準試料としてZnOも用意した。

軟X線領域の吸収スペクトルは、全電子収量法(Total Electron Yield)で測定されることが多い。しかし、対象元素の濃度が低い場合は、蛍光法による検出の方が有利になる[1]。そこで、本課題ではMCPを用いた全蛍光収量法(Total Fluorescence Yield)による測定を適用した。

TFY法測定は、BL27SUにて実施した。蛍光X線の検出素子としては、浜松ホトニクス社製のF4655を使用した。条件として、入射光のエネルギー分解能、偏光、入射角度等を変え、吸収スペクトルを測定した。前回と比較すると、使用チャンバーの改良に伴い、試料配置が垂直置きから水平置きに変更となっている(図2)。このため、偏光の影響の有無についても確認を行った。

### 3. 結果

図1に2006B期に測定したInP中のZn- $L_3$  XANESを示す。S/Nの改善の余地はあるものの、 $10^{18}\text{cm}^{-3}$ 濃度のZnについても蛍光収量法を用いることで吸収の検出が可能であった。この状況を再現するために、入射光に対する試料角度、MCPのバイアス条件を検討した。その結果、図3に示すよう

に入射光に対する試料角度に対してスペクトルの S/B が敏感に反応し、 $0.5^\circ$  以下で  $10^{19}\text{cm}^{-3}$  濃度の Zn- $L_3$  XANES を検出することが出来た。

図 4 に偏光および分解能を変化させたときの Zn- $L_3$ XANES の変化を示す。分解能によるフラックスの変化および偏光モードによるフラックスの違いに起因する強度の違いはあるが、いずれの条件でも Zn- $L_3$  吸収を検出した。しかしながら、Zn 濃度  $10^{18}\text{cm}^{-3}$  の試料においては Zn- $L_3$  吸収スペクトルを検出することは出来なかった。

参考文献

1. J.Iihara et al., Japanese Journal of Applied Physics 44(9A), 2005, 6612.

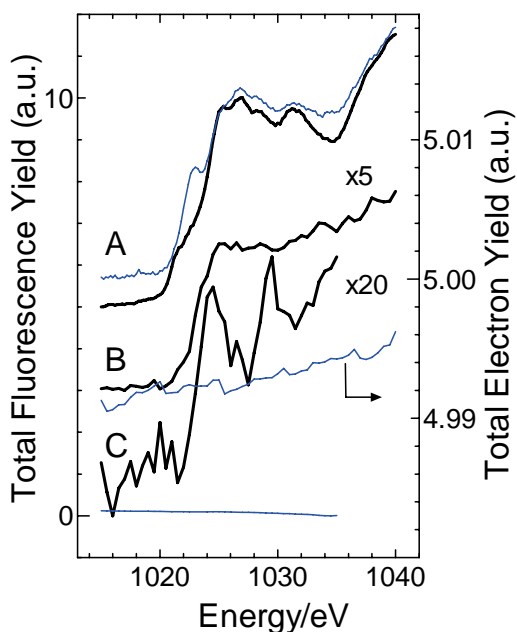


図 1 Zn-K XANES スペクトルの比較  
A: ZnO, B: Zn  $10^{19}\text{cm}^{-3}$ , C: Zn  $10^{18}\text{cm}^{-3}$

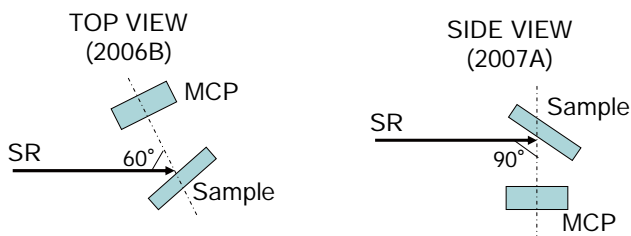


図 2 試料と検出器の位置関係

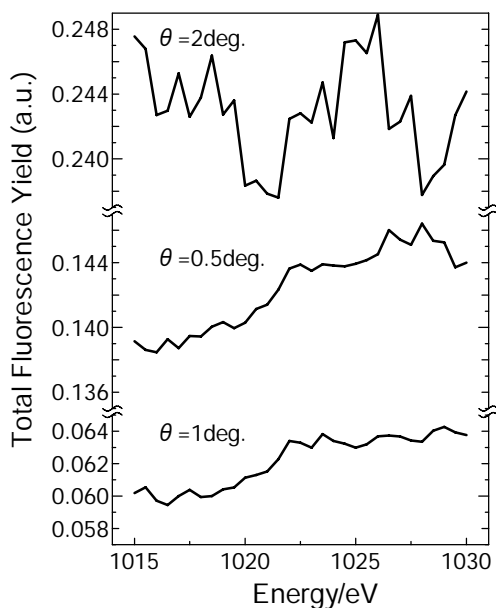


図 3  $10^{19}\text{cm}^{-3}$  の Zn- $L_3$  吸収スペクトルの入射角度依存性

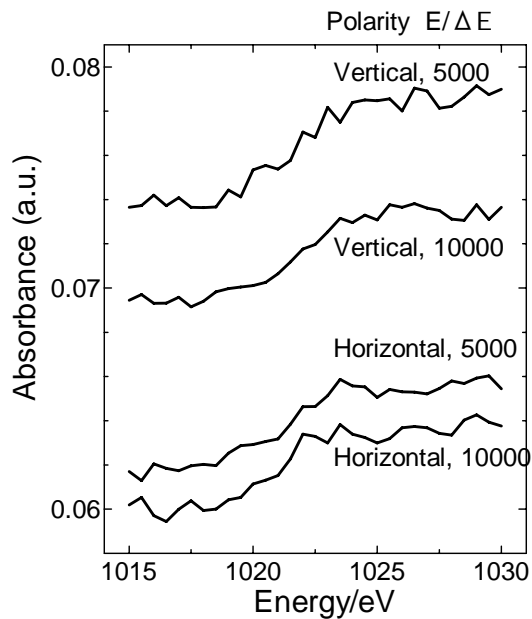


図 4  $10^{19}\text{cm}^{-3}$  の Zn- $L_3$  吸収スペクトルの偏光、分解能依存性(入射角度  $0.5^\circ$ )