

ウェハボンディングによる InAs/Si ヘテロ接合の作製と接合界面の評価 (Fabrication and evaluation of InAs/Si heterojunctions by wafer bonding)

工学研究科 基盤工学専攻

電子・光システム工学コース 1135054 多田 昌乗

1. はじめに

波長約 $3.4\mu\text{m}$ まで光吸収可能な InAs を用い InAs/Si ヘテロ接合フォトダイオード (PD) の実現を目指し、ウェハボンディングにより InAs/Si ヘテロ接合の形成を試みた。作製したヘテロ接合について、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いてヘテロ接合界面近傍を観察した。さらにメサ型のフォトダイオードを作製し光応答を確認した。

2. 実験方法と結果

用いたウェハは n^+p -Si とバルク p -InAs である。各結晶表面を洗浄した後、自然酸化膜除去、親水性化処理をして純水中で基板同士を密着させ、一定の荷重を加えて、大気中、温度 350°C で12時間熱処理^[1]して InAs/Si ヘテロ接合を形成した。

TEM を用いて InAs/Si ヘテロ接合界面を観察した結果^[2]、Ge/Si ヘテロ接合界面に見られたようにヘテロ接合界面にアモルファス状の層を挟んで結合していること観察し^[3,4]、約 $2\mu\text{m}$ の領域に渡って一様に結合していることを明らかにした。

フォトダイオード作製工程は研磨、電極蒸着、メサエッチングである。メサエッチングを行うため、研磨により Si の厚さを約 $40\mu\text{m}$ 以下とした。InAs 側に Al 電極、Si 側に Au 電極を蒸着し、合金化してオーミック電極とした。その後、フォトリソグラフィにより直径の異なるレジストをマスクとしてメサエッチングを行った。レジストの耐性による制限のため、直径 $500, 300, 200\mu\text{m}$ の素子を実現した。

エッチングする前の $4\times 4\text{mm}^2$ の素子と直径 $500, 300, 200\mu\text{m}$ の素子の暗電流の比較を図1に示す。面積が小さくなるに従って暗電流が小さくなっているが、直径 $200\mu\text{m}$ の素子では8V付近で階段状に増加している。

図2に直径 $200\mu\text{m}$ の InAs/Si ヘテロ接合 PD の暗電流と、Si 側から波長 1300 及び 1550nm の光を入射して測定した光電流を示す。光電流は 10^{-5}A オーダーであり、量子効率 10% 以下であった。約 10V で光電流が立ち上がっている。これは Si の pn 接合から延びる空乏層が InAs に達したことにより、光キャリア (電子) がヘテロ界面を乗り越えて流れたためである。それとほぼ同じ電圧で暗電流も増加していることが分かる。

3. まとめ

ウェハボンディングで形成した InAs/Si ヘテロ界面を初めて TEM 観察し、Ge/Si ヘテロ接合界面同様、結晶学的に結合していることを確認した。Si の厚さを研磨により約 $40\mu\text{m}$ 以下にするなどの工夫をし、直径 $200\mu\text{m}$ のメサ構造を形成し、暗電流および、 10^{-5}A オーダーの光電流の観測ができた。しか

し、また暗電流が大きいいため、素子作製工程の工夫や pn 接合の面積をさらに小さくすることにより暗電流の低減が必要である。

【参考文献】

- [1] H.Kanbe, M.Miyajiri, and T.Ito, Appl. Phys. Express 7, 072301 (2008).
- [2] 多田、東風浜、谷脇、神戸、ウェハボンディングで形成した InAs/Si ヘテロ界面の TEM 観察、日本物理教育中国四国支部、2010 年度 学術講演会 Aa1-6
- [3] 多田、廣瀬、伊藤、谷脇、神戸、低温熱処理ウェハボンディング Ge/Si ヘテロ接合の TEM 観察、平成 21 年度電気関係学会四国支部連合大会 11-6、平成 21 年
- [4] 廣瀬、透過型電子顕微鏡を用いた Ge/Si ヘテロ接合界面の結晶特性解析-特別研究報告-高知工科大学 電子・光システム工学科、平成 21 年

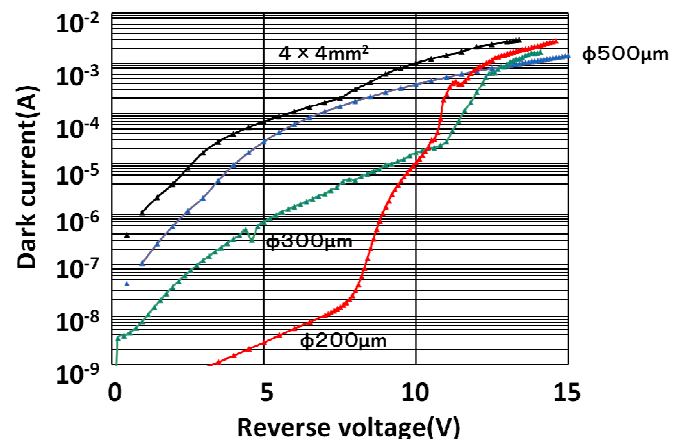


図1. 各素子の暗電流特性

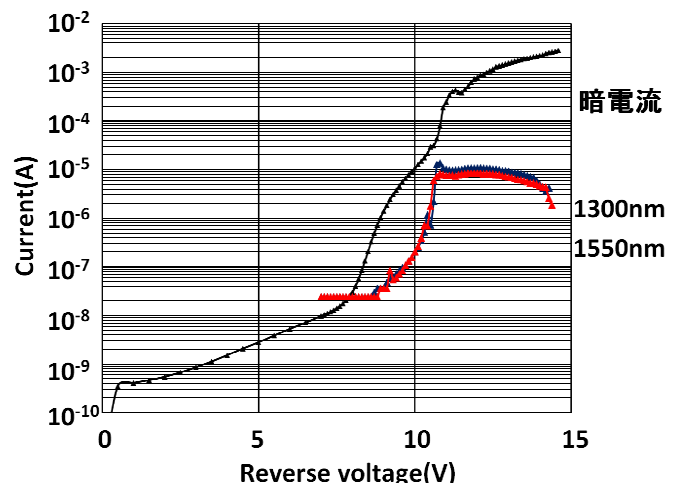


図2. 直径 $200\mu\text{m}$ のメサ型 InAs/Si ヘテロ接合 PD の暗電流と光電流