

# ウェハボンディングによる Ge/Si ヘテロ接合アバランシフォトダイオード

## Ge/Si-Avalanche Photodiode fabricated 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

1135058

宮地 伸英

### 1. はじめに

光ファイバ通信用の受光素子として、低増倍雑音特性が期待できる、Ge/Si-アバランシフォトダイオード(APD)の実現に向けて研究を進めた。これまで、Ge/Si フォトダイオードとしての動作は確認されていたが、暗電流が大きかったため、APD としての動作は確認できていなかった<sup>1)</sup>。数値解析の結果より、暗電流を低減するのに、Ge の面積を小さくすることが重要であることが明らかになった。そのため、素子面積を小さくして、なおかつ Ge の面積を小さくエッチングできるように、作製工程を見直して素子作製を行った。その結果、暗電流を低減させて、なだれ増倍を始めて観測できた。また、ウェハボンディングの工程を見直し、歩留り向上を行った。その結果を報告する。

### 2. 実験方法

ウェハボンディングを用いて、Ge/Si ヘテロ接合を形成する際、Ge を親水性化する際に、HCl が用いられていた。今回、親水性化をセミコクリーン 23 を用いて超音波洗浄を行った。そして、研磨を行って薄膜化した後、Si には Au または Al、Ge に Al 電極を蒸着し、メサ型エッチングを行って素子の作製を行った。数値解析により、暗電流を低減させるには、素子に流れる Ge の拡散電流を抑えること必要であることが明らかになった。そのため、メサエッチングする際に用いるレジストマスクを、直径 80、100、200、300  $\mu\text{m}$  を用いてエッチングを行った。しかし、Si のエッチャントに対して、レジストの耐性は小さいことや、レジストマスクの直径が小さくなると、素子とレジストの密着している面積が減ってしまうため、メサ型エッチングする際のレジストの耐性が問題となる。

そのため、研磨後、Si の全面をエッチングして更に薄くした。また、メサエッチングではレジストマスクを 2 回に分けて行うことによってメサ型を形成した。今回、pn 接合の面積だけでなく、Ge までエッチングして面積を減らし、素子作製を行った。

### 3. 結果

今回、直径が「Si=170  $\mu\text{m}$ , Ge=250  $\mu\text{m}$ 」、「Si=100  $\mu\text{m}$ , Ge=175  $\mu\text{m}$ 」、「Si, Ge=50  $\mu\text{m}$ 」の 3 つの試料を作製した。その暗電流値を比較したものを図 1 に示す。図中の  $\phi$  の値は Si の直径を記載している。全ての素子に関して、暗電流が飽和していると考えられる 20V で着目してみると、直径が小さくなるにつれて、暗電流値を下がっていることが分かる。また、直径を小さくすることによって、暗電流値を  $10^{-5}$  以下まで低減させることができた。

250  $\mu\text{m}$  の素子に関しては、図 2 に示すように、なだれ

増倍による光電流の増倍を確認している。増倍率  $M=1$  の光電流を決めることは難しいが、入射した波長 1.5  $\mu\text{m}$  の光の電力は 360  $\mu\text{W}$  で、素子の量子効率を 50% と仮定し、増倍率を求めると、4~5 であることが分かる。波長 1.3  $\mu\text{m}$  の光に関しても同様の結果が得られた。

### 4. 結び

ウェハボンディングを用いて形成した Ge/Si ヘテロ接合を用いて作製した素子の直径を小さくすることによって、暗電流を低減させることに成功した。それによって、なだれ増倍を確認することができた。今後、更なる素子の作製、と評価を進めていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) H. Kanbe, M. Miyaji, and T. Ito, Appl. Phys. Express, 1, 072301, 2008.
- 2) Ge/Si ヘテロ接合アバランシフォトダイオードの数値解析- 電気関係学会四国支部連合大会 平成 20 年
- 3) ウェハボンディングにより形成したヘテロ接合 Ge/Si-APD-日本物理学会 平成 21 年

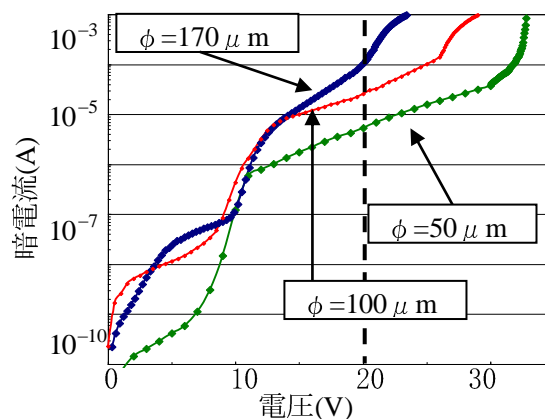


図 1. 暗電流値の比較

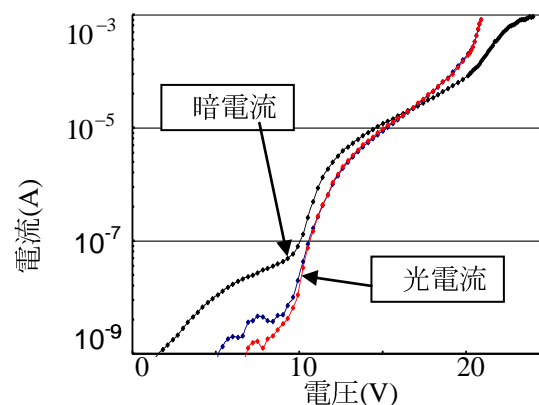


図 2. I-V 特性(直径 175  $\mu\text{m}$  の素子)