28p-D1-10

電子の遅延時間短縮による
共鳴トンネルダイオードのテラヘルツ発振周波数上昇

Frequency Increase in Terahertz Oscillation of Resonant Tunneling Diodes by Reduced Electron Delay Time

東工大　総理工　○金谷　英敏，曽我部　陸，鈴木　左文，浅田　雅洋

Tokyo Tech. °H. Kanaya, R. Sogabe, S. Suzuki, M. Asada

E-mail: kanaya.h.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】共鳴トンネルダイオード(RTD)は 1THz を超える発振が報告され[1-5]、室温テラヘルツ(THz)光源として有望である。周波数向上には共鳴領域滞在時間とコレクタ空乏層走行時間で決まる電子の遅延時間の短縮が有効である。前回、我々は狭い井戸幅による共鳴領域滞在時間の減少を用いた 1.31THz の室温基本波発振を報告した[3]。今回、井戸幅を狭くするとともに井戸の深さを増加させた実験も行ったので報告する。

【実験】井戸層(GaInAs)の In 組成 0.8 で井戸幅 3.5nm の RTD と、それに比べて井戸が深くて狭い、In 組成 0.9 で井戸幅 3nm の 2 つの RTD の発振特性を比較した。バリア(AlAs)厚はともに 1nm である。井戸を狭くすることで電子の往復時間が減少し、また、深くすることで井戸内電子速度が上昇することから、共鳴領域滞在時間が短縮され、発振周波数の上昇が期待できる。

これらの RTD の I-V 特性を Fig.1 に示す。井戸を狭くすると同時に深くすることにより、ピーク点の電圧がやや減少し、負性抵抗領域の電圧幅が増加している。この結果は狭井戸化による共鳴準位上昇が、井戸が深くなったために打ち消されたことと、狭井戸化により共鳴準位の間隔が増加したことが原因である。この結果から、狭くても深い井戸はバイアス電圧の維持または低減にも有効であることがわかる。

これらの RTD を 20μm のスロットアンテナに集積し発振素子を作製した。Fig.2 に基本波発振周波数のメサ面積依存性を示す。井戸を狭くかつ深くした素子では、そうでない素子に比べ、最大発振周波数が 0.96THz から 1.27THz に上昇しており、また、同じ面積での周波数が高くなっている。この違いは、共鳴領域滞在時間の短縮による結果である。理論と実験のフィッテングにより、井戸が狭く深い素子では、電子の遅延時間が 110fs から 40fs に短縮されていることが見積もられた。Fig. 3 に発振出力の周波数依存性を示す。共鳴領域滞在時間の短縮とともに、コレクタ空乏層走行時間の短縮も重要であり、コレクタ層の材料や構造と膜厚の最適化によってさらなる高周波化が可能である。

[1] S. Suzuki, *et al*, APL **97** (2010) 242102. [2] M. Feiginov, et al, APL **99**(2011) 233506. [3] 金谷 他, 応物講演会, 11pB1-13 2012 年 9 月. [4] H. Kanaya, *et al*, APEX **5** (2012) 124101. [5] Y. Koyama, *et al*, FTT2012, Pos.1.8, Nov. 2012.

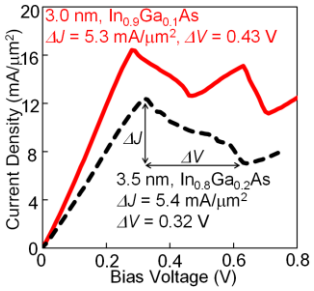

Fig. 1 *I-V* characteristics for two RTDs with different well structures

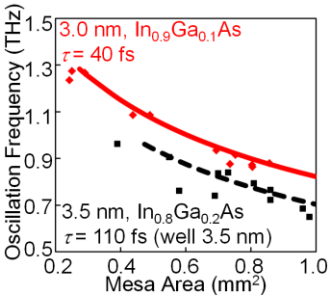

Fig. 2 Oscillation frequency as a function of mesa area for two RTDs with different well structures.

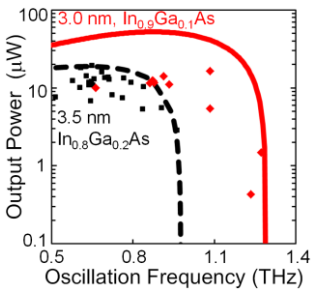

Fig. 3 Output powers as a function of oscillation frequency for two RTDs with different well structures.

© 2013 年　応用物理学会