

## テラヘルツ電磁波による半導体超格子の伝導制御

### Control of electron transport in semiconductor superlattices driven by THz radiation

東大生研・ナノ量子機構 ○田中宏、Hua Li、長井奈緒美、平川一彦

IIS and INQIE, Univ. of Tokyo Hiroshi Tanaka, Hua Li, Naomi Nagai, and Kazuhiko Hirakawa

E-mail: h-tanaka@iis.u-tokyo.ac.jp

半導体超格子は 1970 年に江崎らによって提案され、1 周期が数十原子層から構成されることから、ブリルアンゾーンが通常のバルク半導体よりもブリルアンゾーンが狭くなる[1]。そのため超格子中を伝導する電子は、電界によって加速されることでブラッグ反射を受け、ブロッホ振動と呼ばれるブリルアンゾーン内を高速に振動する現象が起こる。ブロッホ振動する電子は、電磁波を増幅する利得を有することが示されており[2]、ブロッホ発振器は電圧による周波数可変性を持つ特異なテラヘルツ帯光源として期待されている。しかし、微分負性抵抗による高電界ドメインの発生によって[3]、発振器の提案から 40 年経った現在も実現されていない。本研究はブロッホ発振器実現のために、THz 電磁波を用いて高電界ドメインの発生を抑制する事が目的である[4]。

本研究では、半絶縁性基板上に GaAs(8.5nm)/AlAs(6nm)超格子を 10 周期成長した試料を用いた。超格子には  $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  の Si がドーパされており、 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  のメサ構造上にダイポールアンテナを形成した。またテラヘルツ電磁波を集光するために試料背面には Si 超半球レンズを装着し、効率よく超格子に THz 光が照射されるように調整した。本研究では、周波数が 2.5THz、最大 150mW のパワーが得られる FIR (メタノール) レーザをテラヘルツ光源として用いた。テラヘルツ電磁波を試料に照射し、照射の有無における電流の変化を計測した。

ドーパされた半導体超格子に電界を印加すると、微分負性抵抗領域において高電界ドメインが発生し、電流がなだらかに増加する。この状態で FIR レーザからのテラヘルツ電磁波を照射すると、図に示すように、レーザの出力が 30mW 以上から、バイアス電圧が 0.13V を電流の不動点として照射時における電流の減少と増大の切り替りが観測された。バイアス電圧が不動点以下ではテラヘルツ電磁波の照射に伴って電流が減少し、不動点以上では電流が増加した。この不動点は 2.5THz のテラヘルツ電磁波の光子エネルギー  $\hbar\omega$  に超格子の層数  $N=10$  をかけた値  $(N\hbar\omega/e)$  である 0.103V にほぼ一致した。これは、不動点よりやや高電圧側の電流が増大した領域では、テラヘルツ電磁波の照射によって高電界ドメインの発生が抑制され、超格子の微分負性抵抗領域下においても均一な電界分布であることを示唆している。

#### 参考文献

- [1] L. Esaki and R. Tsu, IBM J. Res. Dev., 14, 61 (1970)
- [2] N. Sekine, and K. Hirakawa, Phys. Rev. Lett., 94, 057408 (2005)
- [3] H. T. Grahn, H. Schneider, and K. von Klitzing, Phys. Rev. B, 41, 2890 (1990)
- [4] H. Kroemer, condmat/009311.

