

研究課題「銅酸化物超伝導体単結晶を用いる超高速集積デバイス」 研究代表者 山下 努

1) 固有ジョセフソン接合 (IJJ) の両側加工プロセスの開発

我々は最近、図 1 に示すような新しい両側加工プロセスを開発した¹⁾。このプロセスで作る IJJ の特徴は、

- 1) 単結晶内部に作られるため、図 2 に示すように臨界電流 (I_c) は均一となり、
- 2) 2次元集積回路が作成できるため図 3 に示すようにアンテナや rf チョーク回路と共に同じに集積できる (図 3)。

図 2 では接合数は 18 個である。この接合にサブミリ波を基板側から照射すると明確なシャピロステップが観測できる (図 4)²⁾。この図で照周波数 $f_{FIR} = 1.6 \text{ THz}$ に対応するジョセフソン電圧 $V = \Phi_0 f_{FIR} N = 3.4 \times N \text{ mV}$ が発生している。ここで N は接合数である。図は明確なゼロクロス電圧が見られる。これは IJJ と THz 波の結合が極めてよいことを示してある。この結果は精密電子計測に必要な量子電圧標装置を 図 1 新しい IJJ 両面加工プロセス示している。

2) IJJ アレー THz レーザー

Paula Barbara らは Nb ジョセフソン接合集積回路技術を用いて図 5 に示すような Nb 接合アレーを作成した³⁾。144 個の接合アレーからなるこのデバイスは、その I - V 特性を測定した所、するどい共振特性を示した。

この鋭い共振特性は、100GHz 帯のレーザー発振していることを示していることが、検波実験により明らかになった。連続波発振でその出力は約 $0.2 \mu \text{ W}$ (10^{-4} W/cm^2) であった。

このアレーレーザー技術を高温超伝導体 IJJ を用いて作成すれば連続波 THz 帯レーザーが実現できる。その出力は約 2 mW (20 W/cm^2) と概算される。

3) 結言

単結晶素子を二次元アレーに並べる集積回路プロセスを開発した。テラヘルツ帯のアンテナとチョーク回路のついた 10,000 個以上単結晶素子アレーが作成され、その結果、テラヘルツ波を好感度に受信できることを確認、直流電流を注入するとテラヘルツ波発光超伝導レーザーとなることが予測される。

現在の情報通信技術は 10 ギガヘルツ帯までを使っているが、将来の情報量の増大に対応するためには、使用周波数の増大が必要である。現在使用中の周波数の 100 倍がテラヘルツ波であるが、この領域は発信器、伝送路、受信器等の基本素子が開発されていないため、未開周波数となっている。超伝導単結晶接合集積回路技術により、テラヘルツ波用の連続波レーザー発振器と高感度受信器実現の可能性がでてきている。

文献

- 1) H.B. Wang, et al., Appl. Phys. Lett., 78(25), 4010(2001).
- 2) H.B. Wang, et al., Phys. Rev. Lett., 87, 107002 (2001).
- 3) B. Vasiliæ, et al., Appl. Phys. Lett., 78(8), 1137(2001).

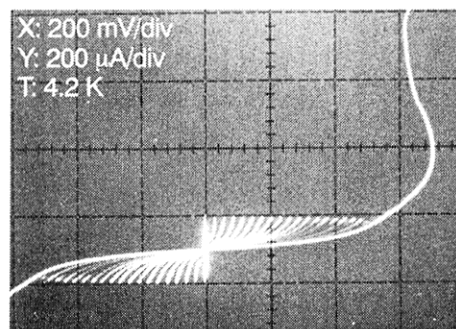
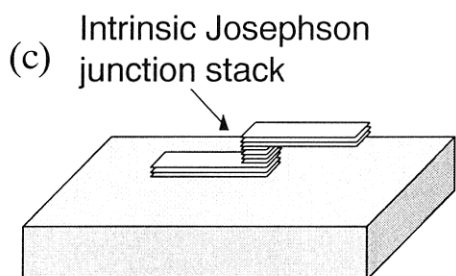
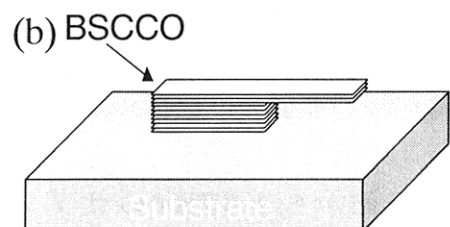
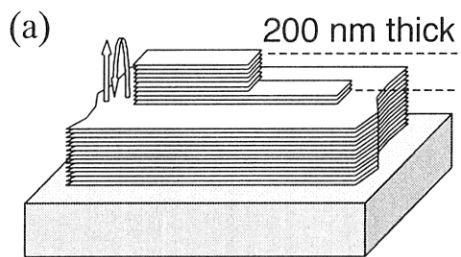


図 2 均一な I_c を持つ両面加工した IJJ

図 1 あたらしい IJJ 両面加工プロセス

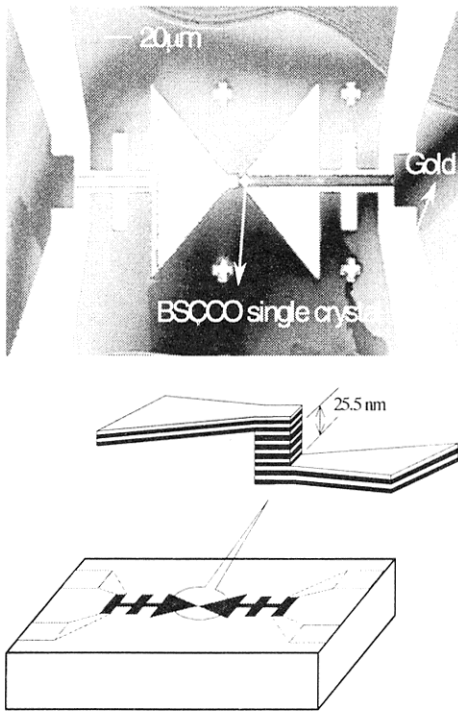


図 3 アンテナ、rf チョークとともに集積された IJJ

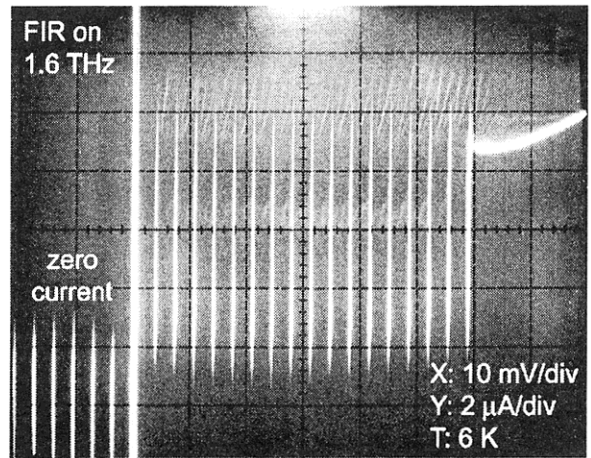


図 4 基板側から 1.6THz のサブミリ波をあてたときの I - V 特性

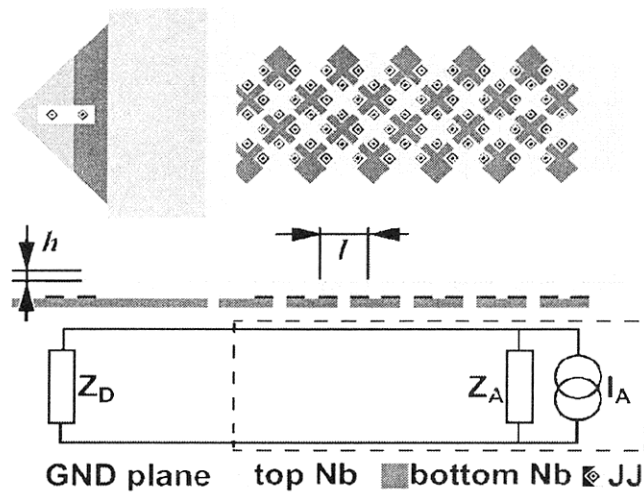


図 5 Nb ジョセフソン接合アレーレーザー