

公開特許公報

昭53—35389

⑤Int. Cl.²
H 01 L 39/18

識別記号

⑥日本分類
99(5) F 0庁内整理番号
7021—57④公開 昭和53年(1978)4月1日
発明の数 1
審査請求 未請求

(全 9 頁)

⑤④薄膜クライオトロン

②①特 願 昭52—98300

②②出 願 昭52(1977)8月18日

優先権主張 ③1976年9月9日③ソ連国(S
U)④2392651⑦②発 明 者 ミハイル・ユリエヴィチ・クブ
リヤノフ
ソビエト連邦モスクワ・ウリツ
ア・フロビストヴァ10コルプス
2クワルチーラ30
同 ゲンナデイ・モイセエヴィチ・
ラピル
ソビエト連邦モスクワ・コルプ

ス851クワルチーラ69

⑦②発 明 者 コンスタンチン・コンスタンチ
ノヴィチ・リハレフ
ソビエト連邦モスクワ・レニン
スキイ・プロスペクト93クワル
チーラ200⑦①出 願 人 ミハイル・ユリエヴィチ・クブ
リヤノフ
ソビエト連邦モスクワ・ウリツ
ア・フロビストヴァ10コルプス
2クワルチーラ30⑦④代 理 人 弁理士 青木朗 外2名
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

薄膜クライオトロン

2. 特許請求の範囲

1. 薄膜クライオトロンにおいて、超電導基準面(2)と、超電導基準面(2)の上に位置する2つの超電導電極(4, 5)と、を有し、また超電導基準面(2)および超電導電極(4, 5)のそれぞれが、互いに絶縁され、さらにまた超電導電極(4, 5)が、単一方向に分布するジョセフソン接合(6)によって内部接続し、さらにまた超電導電極(4, 5)が、入力ライン(9, 10)とジョセフソン接合(6)に沿って延び且つ2つの前記超電導電極のうちの1つの超電導電極(4)の上にある少なくとも1つの制御ライン(8)とを有し、さらにまた2つの前記超電導電極のうちの少なくとも1つの超電導電極(4)が、ジョセフソン接合(6)に沿って延びるストリップ形状をし、さらにまた入力ライン(9)が超電導電極(4)に接続する箇所が、制御ライン(8)と超

電導電極(4)の境界とが交差する箇所から離れ且つジョセフソン接合(6)の端から超電導電極(4)の幅(h)およびジョセフソン接合(6)の中の磁場の侵入度(λ_J)のそれぞれより大きい距離を維持する、薄膜クライオトロン。

5

2. ストリップ形状の超電導電極(4)に接続する入力ライン(9)が、入力ライン(11)であり、また入力ライン(11)が超電導電極(4)に接続する箇所の幅(w_2)が、超電導電極(4)の幅(h)以下である、特許請求の範囲が1項記載の薄膜クライオトロン。

10

3. ストリップ形状の超電導電極(4)が、入力ライン(11)に類似し且つ入力ライン(11)に平行に位置するもう1つの入力ライン(12)を有する、特許請求の範囲が1項または2項記載の薄膜クライオトロン。

15

4. ストリップ形状の超電導電極(4)が、制御ライン(8)が超電導電極(4)の境界に交差する箇所と入力ライン(11)が超電導電極(4)に接続する箇所との間に、幅広い部分(17)を有し、また幅広い部分(17)の幅が、ジョセフ

20

ソソ接合(6)の中の磁場の侵入度(λ_J)および超電導電極(4)の幅(h)のそれぞれより大きい、特許請求の範囲才1項または才2項または才3項記載の薄膜クライオトロン。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、デジタルコンピュータの超電導材料の超小型電子装置に関するもので、とくにジョセフソン効果に基づく薄膜クライオトロンに関するものである。

従来のジョセフソン接合を利用した薄膜クライオトロンとしては、超電導材料開閉装置がある。この超電導材料開閉装置におけるジョセフソン接合の臨界電流は、ジョセフソン接合にかかる磁場によって制御する(参照:たとえばJ. マティスコ(Matisko): "トンネルクライオトロン—電子トンネルに基づく超電導材料論理要素(The Tunneling Cryotron - A Superconductive Logic Element based on Electron Tunneling)", Proc. IEEF,

才55巻, P. 172, 1967)。

前述の薄膜クライオトロンは、1つの超電導基平面と2つの超電導薄膜電極とを有する。2つの該超電導薄膜電極および前記超電導接地のそれぞれは、互いに電氣的に絶縁している。前記超電導薄膜電極のそれぞれは、入力ラインを有し、また2つの前記超電導薄膜電極は、単一方向に分布するジョセフソン接合(たとえば、トンネル接合)によって接続する。またこのクライオトロンは、前記超電導薄膜電極の1つの上に、前記ジョセフソン接合に沿って延びる少なくとも1つの制御ラインを有する。前記ジョセフソン接合の寸法の1つは、前記ジョセフソン接合の磁場の侵入度よりずっと大きい。また前記ジョセフソン接合の他の寸法は、前記侵入度の値に相応する値またはより小さい値である。

また超電導薄膜電極の超電導膜入力ラインは、上記超電導薄膜電極と連続している。上記薄膜クライオトロンは、前記入力ラインによって外部回路に接続する。超電導薄膜電極のそれぞれは、1

つの入力ラインを有する。超電導薄膜電極と入力ラインとの接続する箇所における入力ラインの幅は、それぞれの対応する超電導薄膜電極の長さに比較できる大きさである。

上述の薄膜クライオトロンは、制御ラインの電流 I_c によって、超電導状態から抵抗状態に変る。この制御電流 I_c は、ジョセフソン接合の臨界電流 I_m を減少させる磁場を発生させる。

従来の薄膜クライオトロンにおいては、電流増幅率 G が通常2以下である。2以下の電流増幅率 G では、応用できる範囲が限定される。(ジョセフソン接合の最大臨界電流を I_{m0} 、臨界電流 I_m が薄膜クライオトロンの非導通状態の残留電流の許容値に等しい小電流値 I_0 まで減少したときの状態における制御ラインを通過する最大電流を I_{c0} とすれば、電流増幅率 $G = I_{m0}/I_{c0}$)

さらに従来の薄膜クライオトロンの制御特性 $I_m = f(I_c)$ では、論理装置および記憶装置のそれぞれに使用するクライオトロンの信頼性の高い動作を得ることができない。これは、たとえ

ば2ラインクライオトロン論理回路に使用する薄膜相交差接合クライオトロンの場合である。

上述の理由としては、制御特性曲線 $I_m = f(I_c)$ の形が最も好ましい矩形の形からひどく離れているからである。従来のクライオトロンの制御特性曲線 $I_m = f(I_c)$ は、 $I_c = 0$ 付近でも急こう配をなしている。これは、制御ラインを流れる電流 I_c の磁場がジョセフソン接合に誘導電流を生じさせ、この誘導電流は、外部回路からの供給電流が流れる同じ箇所を流れるからである。この結果、制御電流 I_c が小さい値のときでさえ、ジョセフソン接合における誘導電流は、ジョセフソン接合のある箇所から供給電流に加えられる。これによって臨界電流は誘導電流の値に大体等しい値だけ変化する。

本発明の目的は、より凸形で且つ制御電流 I_c が小さい範囲では傾きがほぼ0である制御特性曲線 $I_m = f(I_c)$ を示す薄膜クライオトロンを提供することであり、また $|I_c| < I_{c0}$ のとき $I_m = f(I_c)$ の傾きが小さく且つ $|I_c| \sim$

I_{c0} のとき $I_m = f(I_c)$ の傾きが大きい矩形に近い制御特性曲線 $I_m = f(I_c)$ を示す薄膜クライオトロンを提供することであり、さらにまた制御特性曲線の凸形を維持し且つ高い電流増幅率 G を得ることにある。

超電導基表面と、該超電導基表面の上に位置する2つの超電導電極と、を有し、また2つの該超電導電極および前記超電導基表面のそれぞれは互いに絶縁し、さらにまた2つの前記超電導電極が、単一方向に分布するジ・セフソン接合によって接続し、さらにまた2つの前記超電導電極のそれぞれは、入力ラインを有し、さらにまた2つの前記超電導電極のうちの1つが、前記ジ・セフソン接合に沿って延びる少なくとも1つの制御ラインを有する薄膜クライオトロンにおいて、本発明は、少なくとも前記制御ラインの下に超電導電極が、前記ジ・セフソン接合に沿って延びるストリップの形状をし、さらにまた前記入力ラインが前記超電導電極に接続する箇所が、該超電導電極の境界と前記制御ラインとが交差する箇所から離れ且つ

前記ジ・セフソン接合の端から該ジ・セフソン接合の磁場の侵入および前記超電導電極の幅のそれぞれより大きい距離を維持する。

また本発明の薄膜クライオトロンの制御特性曲線をさらに凸形にするために、入力ラインがストリップ形状の超電導電極に接続する箇所の幅は、前記超電導電極の幅以下にすることが好ましい。

また本発明の薄膜クライオトロンの電流増幅率 G をさらに大きくするために、オ1番目の入力ラインに類似する少なくとももう1つの入力ラインを前記オ1番目の入力ラインに平行させてストリップ形状の超電導電極に接続することが好ましい。

また本発明の薄膜クライオトロンの制御特性曲線の傾きを大きくして該制御特性曲線の形を矩形に近くするために、ストリップ形状の超電導電極が、該超電導電極の境界と制御ラインとが交差する箇所と入力ラインが前記超電導電極に接続する箇所との間に、ジ・セフソン接合の中の磁場の侵入および前記超電導電極の幅のそれぞれより大きい幅である幅広い部分を有することが好ましい。

本発明の薄膜クライオトロンの特徴は、制御特性曲線が凸形であり且つ矩形に近い形であることであり、さらにまた前記制御特性曲線の凸形を保持して実用的には制限のない電流増幅率を提供できることである。

さらに本発明を図面によって詳しく説明する。

オ1図およびオ2図に示す薄膜クライオトロンは、超電導基表面2を載せる絶縁基板1を有する。超電導基表面2の上を誘電体層3によって絶縁し、さらに誘電体層3の上に2つの超電導薄膜電極4、5を載せる。超電導薄膜電極4、5は、単一方向に分布する幅 a および長さ W であるジ・セフソン接合6に接続する。超電導薄膜電極4は、ジ・セフソン接合6に沿って1つのストリップ形状をなしている。超電導薄膜電極4の上を誘電体層7で絶縁し、さらに誘電体層7の上に制御ライン8を載せる。誘電体層7はオ1図に図示していない。超電導薄膜電極4、5のそれぞれは、外部回路に接続するために、入力ライン9、10のそれぞれを備える。入力ライン9、10も、超電導薄膜で

ある。

幅 W の入力ライン9は、ジ・セフソン接合6の中央部に隣接して、超電導薄膜電極4に接続する。超電導薄膜電極4と入力ライン9とが接続する箇所は、ジ・セフソン接合6の端から離れており、また前記箇所と、制御ライン8が超電導薄膜電極4のストリップの境界に交差する箇所との距離を a とすれば、距離 a は、ジ・セフソン接合6の中の磁場の侵入 λ_J および超電導薄膜電極4のストリップの幅 h のそれぞれよりも大きい。すなわちこの条件に合わせるためには、

$$a > \lambda_m$$

$$\text{ここで } \lambda_m = \max(\lambda_J, h)$$

上述の単一方向に分布するジ・セフソン接合6の機能は、たとえば絶縁体または半導体の障壁層を備えるトンネル接合として動作する。この場合、ジ・セフソン接合6の長さ W は、 λ_J より非常に大きく（たとえば、 $W \approx 10 \lambda_J$ ）、一方ジ・セフソン接合6の幅 a は、 λ_J のオーダーである。ジ

■セフソン接合6の領域では、1つの電極が他の電極の上にある(図中においては、超電導薄膜電極4が超電導薄膜電極5の上にある)。

制御ライン8が超電導薄膜電極4の境界に交差する箇所と入力ライン9が超電導薄膜電極4に接続する箇所との間に余地があることは、絶対的必要条件であるが、超電導薄膜電極4の上の制御ライン8の位置は任意に選択することができる。単一方向に分布するジョセフソン接合6およびジョセフソン接合6に沿って延びる超電導薄膜電極4のそれぞれの形状は、矩形である必要はなく、たとえば絶縁基板1上で曲げることができる。

オ3図に示す薄膜クライオトロンは、オ1図のクライオトロンと異なり、幅の狭い入力ライン11を有する。入力ライン11が超電導薄膜電極4に接続する部分の幅 W_2 は、超電導薄膜電極4の幅 h 以下である。また制御ライン8'は曲げられている。

オ3図以降の図においては、簡略化するために、絶縁基板1、超電導基表面2および誘導体層3、

7のそれぞれを省略してある。

オ4図に示す薄膜クライオトロンは、オ3図の薄膜クライオトロンと異なり、入力ライン11と平行に且つ入力ライン11に類似する入力ライン12, 13を有する。

入力ライン11, 12, 13の幅 W_2 と、入力ライン11, 12, 13が超電導薄膜電極4に接続する箇所の間隔と、入力ライン11, 12, 13の共通接続箇所とは、入力ライン11, 12, 13のそれぞれのインダクタンスが少なくとも超電導薄膜電極4のストリップのインダクタンスと比較できる大きさになるように、選択しなければならない。aおよびhは、入力ライン11, 12, 13が超電導薄膜電極4に接続する箇所と制御ライン8が超電導薄膜電極4の境界に交差する箇所との間に余地ができるように、選択しなければならない。入力ライン11, 12, 13のそれぞれが超電導薄膜電極4に接続する箇所における幅 W_2 は、 h より小さい値でなければならない。

オ5図に示す薄膜クライオトロンは、オ4図の

薄膜クライオトロンと類似しており、2つの制御ライン8, 16を有する。超電導薄膜電極4, 5は、ジョセフソン接合6に沿ったストリップ形状をなしている。

この場合、薄膜クライオトロンは対称的である。すなわち入力ライン11, 12が超電導薄膜電極4に接続し、一方入力ライン14, 15が超電導薄膜電極5'に接続する。

また制御ライン8, 16の両方を超電導薄膜電極4, 5'のいずれか1つ、たとえば超電導薄膜電極4の上に配置することができる。この場合、超電導薄膜電極4の幅 h を大きくさせる必要がある、すなわち薄膜クライオトロンの全体の寸法を大きくさせる必要がある。

オ4図の薄膜クライオトロンと異なるオ6図に示す薄膜クライオトロンにおいて、超電導薄膜電極4は、制御ライン8が超電導薄膜電極4の境界に交差する箇所と入力ライン11, 13が超電導薄膜電極4に接続する箇所との間に、幅広い部分17を有する。距離aと幅広い部分17の幅hお

よび長さbのそれぞれとは、制御ライン8が超電導薄膜電極4の境界に交差する箇所と入力ライン11, 12, 13との間に余地ができるように、選択しなければならない。さらにまた長さbは、 $b \geq \lambda_m$ を満たさなければならない。

オ7図は、2つの入力ライン11, 12を有する薄膜クライオトロンにおける電流分布を表わす図である。矢印つき実線は、外部回路から超電導薄膜電極4を通り超電導薄膜電極5に流れ且つ超電導基表面2(オ7図に図示していない)側の超電導薄膜電極4, 5の表面を流れる供給輸送電流 I_g の分布を示す。一方、矢印つき点線は、制御ライン8に制御電流 I_c を流すことによって超電導基表面2側の超電導薄膜電極4, 5の表面に流れる誘導電流の分布を示す。

入力ラインのそれぞれを流れる輸送電流 I_g は、入力ラインの数によって変化するが、輸送電流 I_g および制御電流 I_c のそれぞれの分布は、入力ラインの数に関係なくいつでも同一である。

オ8図において、曲線18は、オ1図の薄膜ク

ライオトロンにおける、臨界電流 I_m (Y軸)と制御ライン8の制御電流 I_c (X軸)との関係を示す。制御電流 I_{c0} は、ジョセフソン接合6における誘導フラクソイドによって、臨界電流 I_m が最大臨界電流 I_{m0} に比べて減少し始めるときの制御電流 I_c の値である。

曲線18の点線部分は、発振状態にする制御電流 I_c における正確な関係 $I_m = f(I_c)$ の最大値の包絡線(緩い曲線)を示す。

才9図における曲線19, 20, 21は、それぞれ才3, 4, 6図の薄膜クライオトロンの特性曲線を示す。 I_m , I_c , I_{c0} および点線部分は、才8図の場合と同じものを示す。

曲線20, 21に対しては I_{c0} であり、曲線

ある。

臨界電流 I_m が減少し始めるときの制御電流において、超電導薄膜電極に幅広い部分17を有する薄膜クライオトロンの場合(曲線21に対応する)の I'_{c0} が、幅広い部分17を有しない類似の薄膜クライオトロンの場合(曲線20に対応する)の I_{c0} より幾分大きい。 $I_c = I'_{c0}$ 近傍における曲線21のこう配は、 $I_c = I_{c0}$ 近傍における曲線20のこう配より大きい。このことは、曲線21の方が、曲線20より矩形に近い形状であることを示している。

本発明の薄膜クライオトロンの動作を以下に示す。

才1, 2図の制御ライン8に制御電流 I_c が流

I_{c0} のとき $I_m = f(I_c)$ の傾きが大きい矩形に近い制御特性曲線 $I_m = f(I_c)$ を示す薄膜クライオトロンを提供することであり、さらにまた制御特性曲線の凸形を維持し且つ高い電流増幅率 G を得ることにある。

超電導基表面と、該超電導基表面の上に位置する2つの超電導電極と、を有し、また2つの該超電導電極および前記超電導基表面のそれぞれは互いに絶縁し、さらにまた2つの前記超電導電極が、単一方向に分布するジョセフソン接合によって接続し、さらにまた2つの前記超電導電極のそれぞれは、入力ラインを有し、さらにまた2つの前記超電導電極のうちの1つが、前記ジョセフソン接合に沿って延びる少なくとも1つの制御ラインを有する薄膜クライオトロンにおいて、本発明は、少なくとも前記制御ラインの下に超電導電極が、前記ジョセフソン接合に沿って延びるストリップの形状をし、さらにまた前記入力ラインが前記超電導電極に接続する箇所が、該超電導電極の境界と前記制御ラインとが交差する箇所から離れ且つ

本発明の薄膜クライオトロンの特徴は、制御特性曲線が凸形であり且つ矩形に近い形であることであり、さらにまた前記制御特性曲線の凸形を保持して実用的には制限のない電流増幅率を提供できることである。

さらに本発明を図面によって詳しく説明する。

前記ジョセフソン接合の端から該ジョセフソン接合の磁場の侵入および前記超電導電極の端のそれぞれより大きい距離を維持する。

また本発明の薄膜クライオトロンの制御特性曲線をさらに凸形にするために、入力ラインがストリップ形状の超電導電極に接続する箇所の幅は、前記超電導電極の幅以下にすることが好ましい。

また本発明の薄膜クライオトロンの電流増幅率 G をさらに大きくするために、才1番目の入力ラインに類似する少なくとももう1つの入力ラインを前記才1番目の入力ラインに平行させてストリップ形状の超電導電極に接続することが好ましい。

また本発明の薄膜クライオトロンの制御特性曲線の傾きを大きくして該制御特性曲線の形を矩形に近くするために、ストリップ形状の超電導電極が、該超電導電極の境界と制御ラインとが交差する箇所と入力ラインが前記超電導電極に接続する箇所との間に、ジョセフソン接合の中の磁場の侵入および前記超電導電極の端のそれぞれより大きい幅である幅広い部分を有することが好ましい。

ある。

幅 W_1 の入力ライン9は、ジョセフソン接合6の中央部に隣接して、超電導薄膜電極4に接続する。超電導薄膜電極4と入力ライン9とが接続する箇所は、ジョセフソン接合6の端から離れており、また前記箇所と、制御ライン8が超電導電極

10^{-7} gauss cm^2 の整数倍の磁束でジョセフソン接合 6 の 1 つの領域を固定する)。ジョセフソン接合 6 は、渦電流構造状態になる。すなわちジョセフソン接合 6 は、複数の領域に区分でき、さらに 1 つの領域においては、あるまたは他の極性を有する 1 つの誘導電流が存在する。オ 1 図において渦電流構造であるジョセフソン接合 6 を通過する輸送電流 I_g が、ジョセフソン接合 6 に沿って前記渦電流構造を移動させるので、臨界電流 I_m は、オ 8 図の曲線 18 に示すように、減少し始める。この結果超電導薄膜電極 4, 5 間に電圧が生じる。上述のようにしてオ 8 図に示す制御特性曲線 $I_m = f(I_0)$ は、凸形になる。

超電導薄膜電極 4 に接続する箇所における入力ライン 9 の幅 W_1 が h より大きいオ 1 図の薄膜クライオトロンにおいて、制御特性曲線は、オ 8 図の曲線 18 に示すように凸形であるが、範囲 $|I_0| > I_{c0}$ では比較的緩やかな下降をなしている。この理由は、幅の広い入力ライン 9 がインダクタンスの小さい超電導薄膜電極 4 のスト

リップに接続する境界部分に生ずる電位障壁のため、 $|I_0| = I_{c0}$ 時にジョセフソン接合 6 の端の近傍に生ずる渦電流構造がジョセフソン接合 6 の中央部に早く到達することができないからである。この結果、オ 8 図において、制御電流 I_0 の増加に伴う臨界電流 I_m には、瞬間的な下降がない。すなわち制御特性曲線は、矩形と異なる形をなしている。

オ 3 図に示す薄膜クライオトロンは、制御特性曲線をより矩形に近づけることを可能にするためのものである。オ 3 図の薄膜クライオトロンの動作は、オ 1, 2 図の薄膜クライオトロンの動作と同じであるが、入力ライン 11 の幅を狭くしてあるのは、フラクソイドがジョセフソン接合 6 の端から中央部に移動できにくい障害を減少させるためである。

ここで指摘したいことは、電流増幅率 G は、輸送電流 I_g が流れるジョセフソン接合 6 の領域の長さ(入力ラインの幅で決まる)と範囲 $|I_0| < I_{c0}$ における誘導電流が流れるジョセフソン

接合 6 の端の領域の長さ ($2\lambda_m$) との比に比例するので、入力ライン 11 の幅を減らすことは、電流増幅率 G を減らすことになる。 $I_{m0} \leq 4\lambda_m j_c$ 且つ $I_{c0} > 2\lambda_m j_c$ であるので、オ 3 図に示す薄膜クライオトロンの電流増幅率 G は 2 以上にはならない。

オ 4 図に示す薄膜クライオトロンは、オ 3 図の薄膜クライオトロンの場合と同様な制御特性曲線を矩形の形に保ちながら、さらに十分大きい電流増幅率 G を提供するものである。この場合、輸送電流 I_g は、外部回路から入力ライン 11, 12, 13 を通る。輸送電流 I_g が入力ライン 11, 12, 13 のそれぞれに流れる電流分布は、入力ライン 11, 12, 13 のそれぞれのインダクタンスに逆比例する。入力ライン 11, 12, 13 のそれぞれの寸法は等しいので、入力ライン 11, 12, 13 の電流分布は同一である。入力ライン 11, 12, 13 のそれぞれの幅は、非常に狭く、また入力ライン 11, 12, 13 のそれぞれは、超電導薄膜電極 4 の境界と制御ライン 8 との交差

する箇所から十分離れているので、オ 4 図の薄膜クライオトロンの動作は、オ 3 図の薄膜クライオトロンの動作と似ている。しかし複数の入力ライン 11, 12, 13 の存在は、制御特性曲線を矩形の形に保ちながら、最大臨界電流 I_{m0} を増加させ且つ薄膜クライオトロンの電流増幅率 G を高めさせる(オ 9 図の曲線 20 を参照)。

オ 4 図の薄膜クライオトロンにおいて、入力ライン 11, 12, 13 が超電導薄膜電極 4 に接続する箇所のそれぞれの間隔は、任意に選ぶことができる。

入力ラインの数が一定とすれば、前記入力ラインの間隔が $4\lambda_m$ 以上のときに電流増幅率 G は最大となる。一方ジョセフソン接合 6 の幅 W が一定で且つ入力ラインの数が十分大きいとすれば、前記入力ラインの間隔が λ_m 未満のときに電流増幅率 G は最大となる。たとえば、電流増幅率 G がほとんどどのものに応用できる値である 4 に近い値を得るには、入力ラインの接続間隔は $4\lambda_m$ 以上で且つ条件 $W \geq 8\lambda_m$, $n = 2$ が必要である。

オ5図は、2つの制御ライン8, 16を有する薄膜クライオトロンを示す。オ5図の薄膜クライオトロンは、オ4図の薄膜クライオトロンと同様であるが、オ5図の薄膜クライオトロンは、より大きい機能的可能性を有する。しかしながらオ5図の薄膜クライオトロンが、オ4図の薄膜クライオトロンの場合と同様な入力ラインを同数有し且つ同一に配置しても、オ5図の薄膜クライオトロンは、オ4図の薄膜クライオトロンに比べて、電流増幅率 G はオ4図の薄膜クライオトロンに比べて、電流増幅率 G の半分にすぎない。これは、制御ライン8, 16のそれぞれによって超電導薄膜電極4, 5のそれぞれに誘起される誘導電流の一部しか隣接する超電導薄膜電極に流れないためである(超電導薄膜電極4, 5のそれぞれのインダクタンスが等しいとすれば、誘導電流のほぼ半分が隣接する超電導薄膜電極に流れる)。この結果、フラクソイドを発生させるために必要な制御電流 I_{c0} は、オ4図の薄膜クライオトロンに比べてほぼ2倍となる(オ4図の薄膜クライオトロンにおいては、超電導薄膜電極4のイン

ダクタンスは超電導薄膜電極5のインダクタンスより非常に大きいので、誘導電流の大部分は超電導薄膜電極4から超電導薄膜電極5に流れる)。

上述のことから、電流増幅率 G の値4を得るには、 W および h の値は、オ4図の薄膜クライオトロンの場合のそれぞれの値の2倍の値を選択しなければならない。

オ6図に示す薄膜クライオトロンは、オ4図の薄膜クライオトロンと同様に動作する。しかしながら幅広い部分17の存在は、制御電流 I_c が値 I'_{c0} に到達後に臨界電流 I_m をより急速に減少させるためのものである(オ9図の曲線21を参照)。制御電流 I_c が値 I'_{c0} のとき、渦電流構造がジョセフソン接合6の端に生じる。超電導薄膜電極4の端にある幅広い部分17の存在は、超電導薄膜電極4のインダクタンスを局所的に減少させ且つその減少量を決定し、ジョセフソン接合6の端から到達するフラクソイドに対する電位障壁を発生する。このようにより大きい誘導電流は、ジョセフソン接合6の端に荷状態が

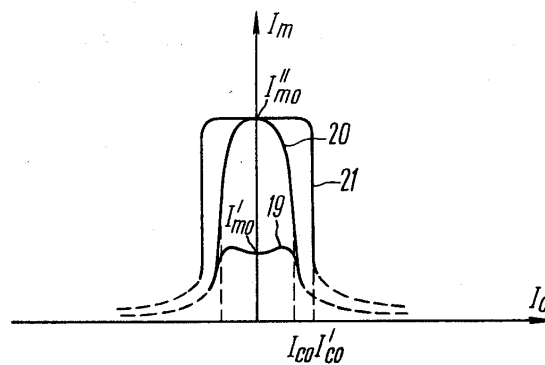
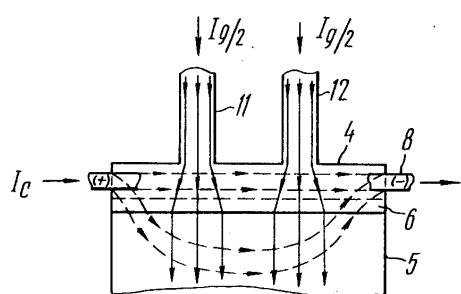
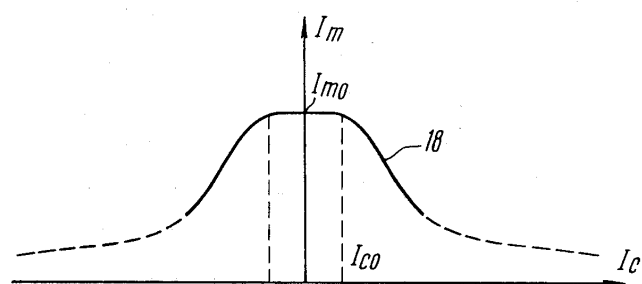
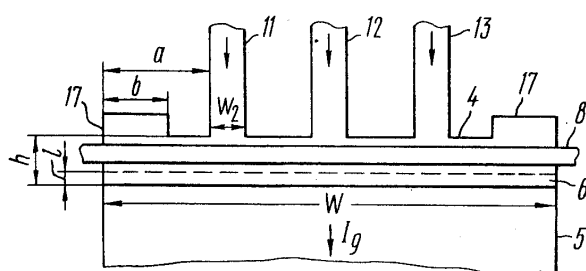
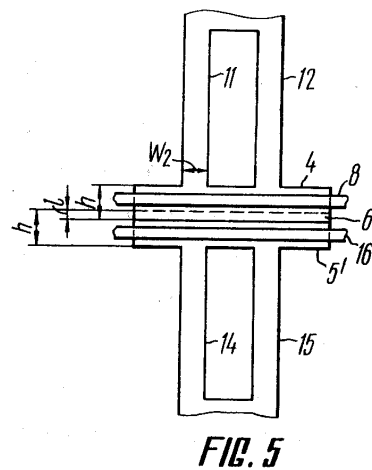
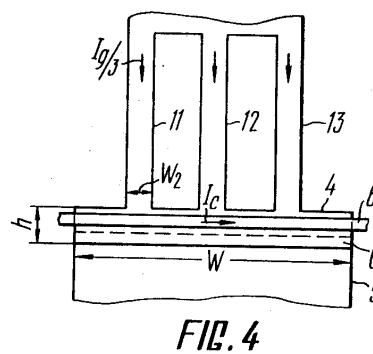
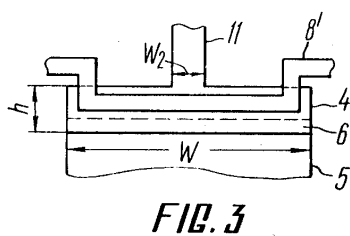
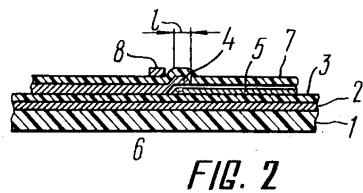
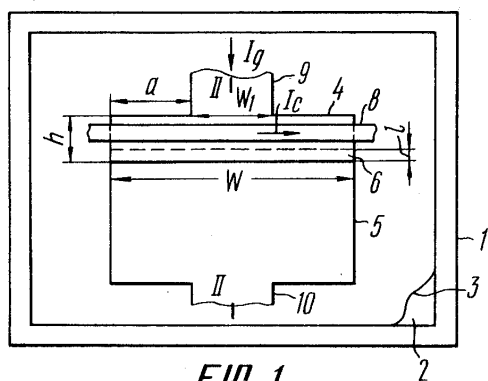
ジョセフソン接合6の端にできる。その代り、幅広い部分を有しない他の実施例に比べて電流増幅率 G は減少する。誘導電流が臨界値に到達後、渦電流構造は、容易にジョセフソン接合6の端から中央部に移動する。この理由は、フラクソイドが幅広い部分を通過し、インダクタンスのより大きい超電導薄膜電極4のストリップの狭い領域に到達後、フラクソイドのエネルギーが減少するからである。このことは、あたかもフラクソイドがジョセフソン接合6の中央部に向かって"転がって"いくようである。この結果、臨界電流 I_m は、制御電流 I_c を増加させていくとある狭い範囲の値内で急に減少する。すなわち最も矩形に近い制御特性曲線を得ることができる。

4. 図面の簡単な説明

オ1図は、薄膜クライオトロン1の平面図、オ2図は、オ1図におけるII-II線の切断図、オ3図は、狭い入力ラインを有する薄膜クライオトロン1の平面図、オ4図は、本発明に係る、超電導薄膜

電極の1つに複数の平行な入力ラインを接続する薄膜クライオトロン1の平面図、オ5図は、本発明に係る、複数の平行な入力ラインと2つの制御ラインとを有する薄膜クライオトロン1の平面図、オ6図は、本発明に係る、幅広い部分を有する薄膜クライオトロン1の平面図、オ7図は、本発明に係る、薄膜クライオトロン1の電流分布図、オ8図は、オ1図の薄膜クライオトロン1の制御特性曲線図、オ9図は、オ3, 4, 6図の薄膜クライオトロン1の制御特性曲線図である。

2.....超電導基界面, 4, 5.....超電導電極(超電導薄膜電極), 6.....ジョセフソン接合, 8.....制御ライン, 9, 10, 11, 12, 13.....入力ライン, 17.....幅広い部分。



第1頁の続き

優先権主張	③1977年4月18日③ソ連国(S U)③2468099		ソビエト連邦モスクワ・コルプ ス337クワルチーラ4
⑦発明者	ヴァシリイ・キリロヴィチ・セ メノフ ソビエト連邦モスクワ・コルプ ス337クワルチーラ4	⑦出願人	ペトル・エフイモヴィチ・カン デイバ ソビエト連邦モスクワ・コルプ ス438クワルチーラ11
同	ペトル・エフイモヴィチ・カン デイバ ソビエト連邦モスクワ・コルプ ス・438クワルチーラ11		
⑦出願人	ゲンナデイ・モイセエヴィチ・ ラピル ソビエト連邦モスクワ・コルプ ス851クワルチーラ69		
同	コンスタンチン・コンスタンチ ノヴィチ・リハレフ ソビエト連邦モスクワ・レニン スキイ・プロスペクト93クワル チーラ200		
同	ヴァシリイ・キリロヴィチ・セ メノフ		