



Title	Nbを用いたマイクロブリッジ型SQUID素子の作成法とその応用
Author(s)	古川, 久生; 白江, 公輔
Citation	大阪大学低温センターだより. 1980, 31, p. 11-14
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/10207">https://hdl.handle.net/11094/10207</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# Nbを用いたマイクロブリッジ型 SQUID素子の作成法とその応用

基礎工学部 古川久生, 白江公輔 (豊中 4621)

微小領域での磁場や帯磁率等の測定にSQUID磁束計が活躍していますが, 本誌でもすでにこのSQUID磁束計についての解説<sup>1)</sup>や点接触型素子等の作り方<sup>2)</sup>が掲載されています。ここでは種々の素子の中でも動作の安定なマイクロブリッジ型素子の作成とこの構成について私達の研究室で行なっている方法を紹介します。

素子の作成は先ず10 mm角の石英基板に研究室で自作した直流バイアスパッタ装置を用いて約 $300 \text{ \AA}$ の厚さにNbを成膜します。

次にこの膜にホトレジストと陽極酸化法を用いて加工します。ホトレジストはAZ1350で標準の使用法に基づいています。加工手順は先ずホトレジストを塗布(約 $6000 \text{ \AA}$ )後, 簡単な露光装置を使って図-1(a)の形状にNb膜を露出させます。この装置は研究室にあった部品を集めて自作したもので光源には超高圧水銀燈を使用しており, マスクから試料面への縮尺は約0.6です。次に図-2の様に陽極酸化法によりNbの露出した部分を酸化物に変え(透明になる)ます。電解液は3%ホウ酸溶液を使い, Nb膜を陽極にして一定電流を供給し, これが流れなくなるまでの時間を測ると与えた電荷量が解ります。又Nbの露出した面積も測れますのでファラデーの電気分解の法則からNb膜の厚さが算出できて以後の加工に役立ちます。その次は2回目のホトレジストの塗布(約 $2000 \text{ \AA}$ )後, 図-1(b)の様なDayem Bridgeと呼ばれる形に露光します。この部分はかなり細か

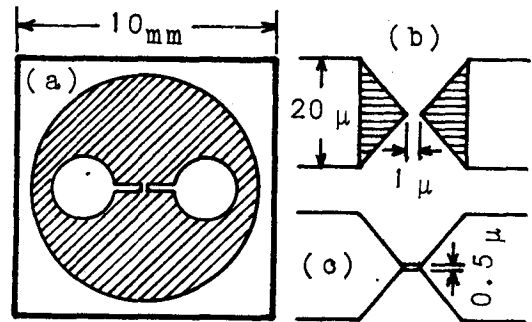


図-1 ×ガネ型 rf SQUID 素子

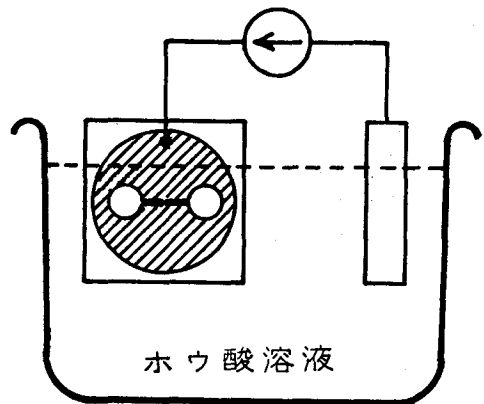


図-2 陽極酸化法による素子の加工

いので露光装置としては手持ちの金属顕微鏡を図-3の様な構造に改造したものをを用いており、 $\times 40$ の対物レンズを使うと縮尺が約 $\frac{1}{42}$ になります。光源は10Wの白熱電球です。次は実体顕微鏡で観測しながら露光した部分にホウ酸を一滴たらしめます。これに太さ $25\mu$ の金電極をさし込み、パルス電圧で陽極酸化します。<sup>3)</sup> パルス幅はアンダーカットを防ぐために50 msecとし、電圧は膜厚が $300\text{\AA}$ であれば50Vを印加します。これで一応外見上SQUID素子ができ上ったわけですが、このままではBridge部分の臨界電流が4.2Kで数mAから数十mAと非常に大きな値をもっています。この薄

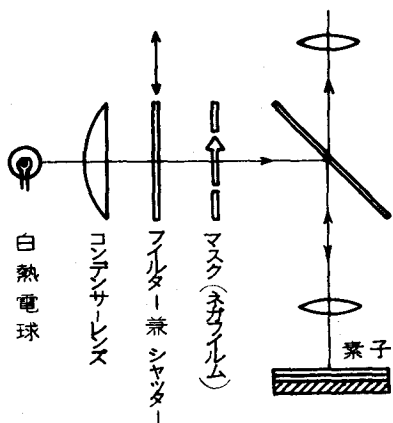


図-3 縮尺露光装置の概略

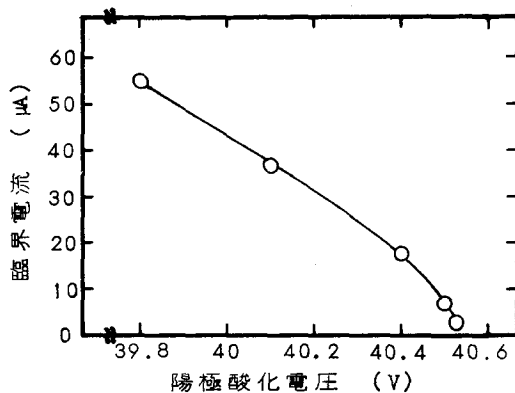


図-4 陽極酸化による臨界電流の変化

膜SQUID素子のインダクタンスからの要請で数 $\mu\text{A}$ 程度の値が必要ですのでそのためBridge部のくびれた所だけを膜の厚さ方向に酸化して実効的に膜厚を薄くする事により臨界電流を小さくする方法を採用しています。この方法は先ず3回目のホトレジストを塗布(約 $2000\text{\AA}$ )した後、2回目の工程で用いた装置の対物レンズを $\times 100$ にして(縮尺は約 $\frac{1}{110}$ になる)、図-1(c)の様な幅が $0.5\mu$ のスリット状に露光します。そして1回目の工程で膜厚が解り、又Nbの場合1V当り約 $8\text{\AA}$ の膜厚を酸化できますのでこの事から判る全膜厚分を酸化できる電圧より少し低い値で時間幅が50 msecのパルス電圧を前述の2回目の工程と同じ要領で印加します。次に4.2Kで臨界電流を測り、これが望ましい値よりまだ大きければさらにパルス電圧を大きくして印加するという手続きで必要な臨界電流の値にします。図-4に陽極酸化電圧と臨界電流との関係の一例を示しています。

以上メガネ型薄膜素子の作成方法について述べましたが、この薄膜素子は自身のインダクタンスが比較的大きいために入力磁束による出力が大きくとれないのが欠点とされています。そこでこれを改善するための一つの方法を以下に述べます。図-5に今までと少し違った見方からSQUID素子周辺の等価回路を示しています。この図は損失抵抗 $\rho$ をもつ $L_T, C$ から成る共振回路にインダクタンスが $L$ のSQUID素子を $N$ 個結合させた状態を示しています。発振器から周波数 $f$ の一定電流 $I_a$ を供給した場合、 $L_T$ の両端の電圧 $V_T$ は全SQUID素子で消費されるエネルギーに等価な損失抵抗 $\rho'$ の値によって変化します。各SQUID素子で消費されるエネルギーの大きさは外部磁束 $\Phi_x$ が0の時最大2W

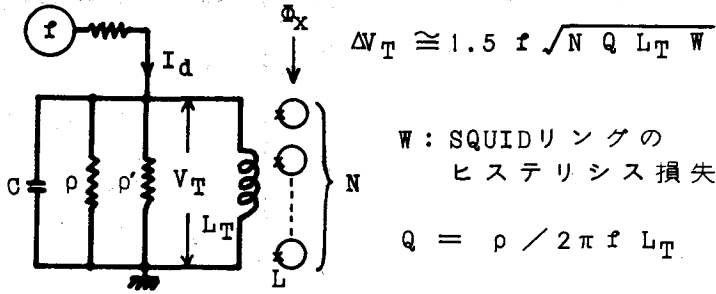


図-5 rf SQUID の並列動作回路

で、 $\Phi_0/2$ の場合は最大 $W$ と異なってきます。したがって $V_T$ の変化分 $\Delta V_T$ は、 $\Phi_X$ が $\Phi_0/2$ 変ると同じ図の計算式で与えられる値となります。 $V_T$ が前置増幅器を通った後、検波され、Lock in増幅器を用いてFlux Locked Loop系を構成した結果印加磁束に比例した出力が得られます。通常のSQUID磁束計の磁束分解能に対しては前置増幅器、自身の雑音が決定的なもので前述の $\Delta V_T$ を大きくする事により相対的に増幅器雑音の影響を少なくする事ができます。したがって上記の事から、複数のSQUID素子を並列に動作させればその数 $N$ の平方根に比例して $\Delta V_T$ が大きくなり、磁束分解能が向上する事になります。<sup>4)</sup>図-6には変形したメガネ型素子を4つ加工した並列型rf SQUID素子を示しています。図-7と図-8は並列に動作させる素子の数によるタンク回路の電流と電圧との関係及び $\Delta V_T$ と入力換算雑音を各々示しています。この並列型SQUID素子は磁束トランスとの結合を考えた場合、素子を多層膜で構成すれば機能を十分発揮する事ができますし、又単に出力の増大を計るだけではなく、多次元の磁界等の測定ができる機能素子<sup>5)</sup>としての利用価値が大きいという事を付け

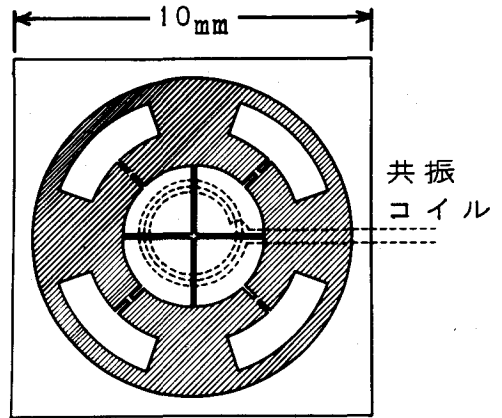


図-6 並列型 rf SQUID 素子 (N=4)

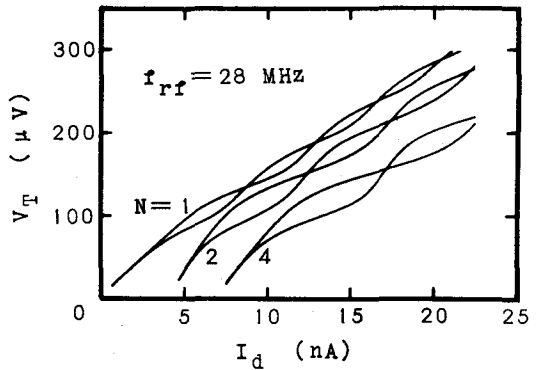


図-7 並列 SQUID 数による  $I_d - V_T$  特性の変化

加えて私達の研究室におけるSQUID素子に関する紹介を終わります。

参 考 文 献

- 1) 石 塚 :  
大阪大学低温センターだより  
№16(1976年10月)P.9
- 2) 河 原 崎 :  
大阪大学低温センターだより  
№24(1978年10月)P.10
- 3) D.W Palmer et al.:  
Rev. Sci. Instrum. 44  
(1973), 1621.
- 4) 古 川 他 :  
第27回応物講演会, 3a-W-9, 1980.
- 5) 応物学会に発表の予定

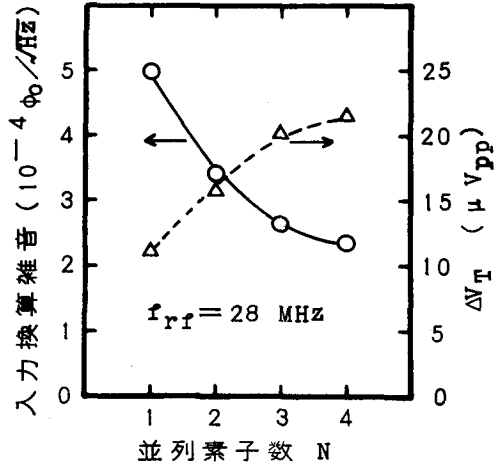


図-8 並列 SQUID 数による  $\Delta V_T$  と雑音の変化

— < 訂 正 > —

前号(№30)中

昭和54年度寒剤供給状況(P.12~)中の各表に,

「供給量:単位はリットル」

が,索引中(P.18上から7行目)に,

「超伝導高分子(SN)<sub>x</sub> …………… 工学部 金 藤 敬 — …………… 27-11」

が,それぞれ欠落しています。お詫びして,追加訂正いたします。