

Title	先端加工と電子波デバイス
Author(s)	蒲生,健次
Citation	大阪大学低温センターだより. 1987, 60, p. 9-12
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/10208
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

## 先端加工と電子波デバイス

基礎工学部 蒲 生 健 次(豊中4571)

1. はじめに

超LSI技術を支える微細加工技術の発展は目覚ましく、すでにサブミクロンデバイスが実現され、 さらにサブミクロン以下の極微加工技術の開発も進められるようになった。

表1は、固体中の電子の種々の特性長を示 す。現在の極微加工技術では、すでに 100 n m 以下の極微構造の製作も可能となっている。 このような極微構造では、その寸法は、表1 に示す電子の特性長と同程度またはそれ以下 となる。このため、電子の振舞いは、幾何学 的形状に規制されて種々の量子効果が現れる。 このような量子効果は、基礎研究の立場から は、Mesoscopic Physicsとして興味を持たれ

表1. 極低温における電子の特性長

非弾性散乱長	1 <sub>in</sub>	$\sim 1 \ \mu \mathrm{m}$
平均自由行程	1 <sub>e</sub>	~5nm(メタル)
		~50 n m(半導体)
熱拡散長	1 <sub>T</sub>	$\sim 1 \ \mu m$
励起子径		~10 n m
フェルミ波長	λ <sub>F</sub>	~0.1nm (メタル)
		~8nm(半導体)

ている。応用の立場からは、将来の極微電子デバイスの特性を理解する上でこの量子効果を解明する事 は重要である。さらに、この量子効果を利用すれば、極微加工技術を用いて設計通りの極微構造を製作 する事によって、単に縮小則で期待できるメリットではなく、全く新しい特性を人為的に作り出すこと ができ、これによってこれまでにない高機能のデバイスが得られる事が期待できる。

このような観点から、最近、研究が盛んとなり、多くの成果が発表されるようになってきた。我々も 極微加工技術の開発を進め、理学部邑瀬教授、石田助教授らと共同で極微構造素子の量子効果の研究を 行っている。本稿では、極微加工技術を中心としてわれわれの最近の成果を紹介する。

2. 極微構造の加工法と限界

図1に加工プロセスの例を示す。レジストパターンの描画は、従来法の光露光では回析効果で制約されるため、電子ビーム、イオンビームおよびX線を用いる必要がある。この場合、散乱、二次電子、回 析効果等によって制限を受けるため、これらの影響を低減し最適の加工を行う必要がある。このため幾 つかの方法が試みられ、特別な場合は、すでに数 n mの極限パターン描画も可能となっている。描画し たレジストパターンを用いて試料をエッチングし、極限構造を制作するためには、イオンエッチング法 を用いる。

我々は、極微構造加工技術を開発するために、ナノメータ電子ビーム露光装置や集束イオンビーム装置等の新しい装置の開発を行っている。極微パターンの描画には数nm程度の極微集束ビームを用い、 さらに電子ビームの散乱を減らす必要がある。このため、熱電界放出型電子銃を用いた最大加速電圧50 k e Vの高エネルギー露光装置を開発し た。図2は、この装置を用いて描画した レジストパターンおよび製作したGaAs/ GaAlAsへテロ接合サブミクロンリング 素子の例を示す。図2 a では、線幅 8 nm のパターンが描かれている。これは、高分 子レジストを用いて描画された最小パタ ーンである。レジスト分子の大きさ(~ 5 n m) および電子ビームの散乱から考 えてほぼ加工の限界と思われる。

## 3. 電子波デバイスの可能性

極微構造素子中で顕著になる量子効果 として、電子波の干渉効果がある。図3 は、図2に示すサブミクロンリング素子 の磁気抵抗を示す。周期の大きな磁気抵 抗の揺らぎに重なって、周期の小さい振 動が見られる。この素子の非弾性散乱長 は、1 μm程度であるので電子波は波長





図2. (a) 50k e V電子ビームで描画した線幅8 nmのPMMAレジストパターンの例
(b) 製作したGaAs/GaAlAsサブミクロンリング素子

が変わらずに素子中を伝播する。このた めリングの1方より2に分かれた電子波 は、他方のリングの出口でコヒーレント に干渉する。電子波の位相は、磁束密度 によって変わり、 $B = \Phi_o/S(\Phi_o: \ensuremath{\vec{\omega}}\xspace)$ 束量子、S: リングの面積) を周期とし $て位相は2 \pi ずれる。したがって磁気抵$ 抗も同じ周期で変化したものである。

この結果は、極微構造素子では電子波 の干渉効果が顕著に現れることを示して いる。サブミクロンリング素子の動作は、 Y分岐を用いて作られる光変調素子に似 ている。Y分岐光変調素子では、2に分 かれた光波の位相を電気光学効果でシフ トし干渉を制御して合成波の強度を変調 している。このような光導波素子では、 単一モードが伝播するためモード間の変 換もなく大きな変調ができる。一方図3 では、変調の大きさは2~3%程度であ る。これは、光導波素子と異なり多モー ドの電子波が伝播しているためで、計算 によってシングルモードにすれば光変調 素子と同様に 100%の変調が得られる事 が示されている。したがって光波の干渉 を利用した光導波素子と同様の動作原理、 機能を持つ電子デバイスが期待できる。 また、電界によっても大きな変調が得ら れる事が示されており、FETのような 三端子素子としても期待できる。

このようなデバイスは、電子波の干渉 を利用しており電子波デバイスと呼べる ものである。

我々は、このような応用の可能性を追 及するため、さらに微細加工を行い大き な干渉効果を得るべく研究を進めている。 図4は、GaAs 極微細線のサブバンド準





位と線幅の関係を示す。これから、30nm程度の線幅にすればシングルモードになることが期待できる。 これは、容易ではないがすでに実現可能な大きさである。

4. まとめ

このように研究レベルでは、レジスト分子オーダーや~10原子間隔の極限加工が可能になってきている。次の段階として量子効果の探索、解明や極限構造デバイスへの応用、実用的な極限構造加工技術の 開発研究が加速されよう。