



Title	Investigation of Quantum Interference Effects in Bi and Sb Films and Mesoscopic Structures
Author(s)	劉, 翊
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37227">https://hdl.handle.net/11094/37227</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【 3 】

氏名・（本籍）	劉 <sup>りゅう</sup>	翊 <sup>い</sup>
学位の種類	理 学 博 士	
学位記番号	第 9338 号	
学位授与の日付	平成 2 年 9 月 30 日	
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第5条第1項該当	
学位論文題目	Investigation of Quantum Interference Effects in Bi and Sb Films and Mesoscopic Structures (Bi - Sb の超薄膜とメゾスコピック構造における量子干 渉効果の研究)	
論文審査委員	(主査)	
	教 授 邑瀬 和生	
	(副査)	
	教 授 伊達 宗行	教 授 金森順次郎
	助教授 鷹岡 貞夫	教 授 櫛田 孝司

論 文 内 容 の 要 旨

強いスピナー軌道相互作用系のBi, Sbについて, 電子の量子干渉効果を研究した。マクロ系の場合, Bi, Sb 超薄膜およびBi - Sb 多層膜の弱局在効果の研究を行った。これらの2次元系は強いスピナー軌道相互作用としての反局在効果を示す。これらの試料におけるコヒーレント長  $L_i$  の温度, 膜厚などの依存性を調べた。ホットウオール・エピタキシャル成長 (HWE) 装置で作製した 薄膜は他の方法によるものに比べて, コヒーレント長が数倍長い ( $1.5\text{ K}$  で  $0.5 - 0.6\text{ }\mu\text{m}$ ) ことがわかった。

電子ビーム露光, HWE 装置でメゾスコピック構造のBi 試料の作製にはじめて成功した。数多くの細線 (幅  $\sim 0.5\text{ }\mu\text{m}$ , 長さ  $\sim 1.2\text{ }\mu\text{m}$ ) やリング (幅  $\sim 0.4\text{ }\mu\text{m}$ , 直径  $\sim 1.5\text{ }\mu\text{m}$ ) 構造の試料について, 低温  $4.2\text{ K}$  以下で磁気抵抗の測定を行った。 $4.2\text{ K}$ ,  $1.5\text{ K}$  でBi においてこれまで観測されていなかった明白で, 再現性のある電子波の量子干渉効果を見出し, 次の結果を得ることができた。(1). 試料のサイズ  $L$  が  $L_i$  より長い場合, 電気伝導度ゆらぎ  $\delta G$  はサイズアンサンブル平均および温度平均より, 普遍的な値  $e^2/h$  より相当小さい値 ( $< 0.1 e^2/h$ ) となっている。また, 正孔伝導試料のゆらぎ効果は電子伝導試料のゆらぎ効果よりさらに小さく (半分以下) になっている。(2). 四端子の抵抗, クロス抵抗およびホール抵抗の測定より, 磁気抵抗が磁場反転に対し非対称的で,  $L > L_i$  の場合でも Büttiker の式  $R_{mn, kl}(B) = R_{kl, mn}(-B)$  が成り立ち, また磁気抵抗の反対称部分が試料サイズに依存しないことがわかった。(3). 試料のサイズが  $L_i$  より短い場合, 四端子測定より電気伝導度ゆらぎ  $\delta G$  は  $\delta G = (e^2/h) L_i L_t / L^2$  と,  $L$  の小さいときに発散的にふるまい (ある試料の  $\delta G$  は約  $900 e^2/h$ ), これが電圧ゆらぎの理論より理解できる。(4). フーリエ変換より, 細線およびリングの磁気抵抗ゆらぎの準

周期は  $B = 0.5 - 0.6 \text{ kG}$  となっている。またリングについて、AB効果の振動周期に近い周期が  $1.5 \text{ K}$  で観測された。(5)、“ゼロ次元”の局在効果について、電気伝導度の補正も発散すること ( $\propto L^{-1}$ ) を確認した。

以上の研究より、電子の反局在効果と量子干渉効果の次元、サイズ、測定方法などへの依存性に対する理解と認識を一層深めることができた。

## 論文審査の結果の要旨

この10年間に金属や半導体の電気伝導度は低温において、いろいろな電子波干渉効果をしめすことが明らかにされてきた。劉君はBiのようにスピン・軌道相互作用の強い半金属を素材にした超薄膜、極微細線、極微リングの量子干渉効果を系統的に研究した。従来、試料作成が困難であるため、この系の実験はほとんどなされていなかった。劉君は微細加工技術に独自の考案を加え、量子干渉効果を再現性よく観測することにはじめて成功した。超薄膜（厚さ  $40 \text{ nm}$ ）について強いスピン・軌道相互作用による2次元反局在効果を磁気抵抗で観測し、位相コヒーレント長を正確に求めた。この長さが従来報告されていたものより数倍長いことは試料が良質であることをしめすものである。試料の幅がコヒーレント長より狭い、細線において反局在効果と電圧ゆらぎの（試料の長さ／位相コヒーレント長）依存性をしらべ、理論的解析を行った。また、4端子の磁気抵抗でビュティカーの関係式がよく成り立つことを確認した。さらに、リングについてアハラノフ・ボーム効果によると考えられる磁気抵抗の振動を観測している。

以上のように、本研究はスピン・軌道相互作用の強い系のメゾスコピック構造の量子干渉効果をはじめて観測し、その次元、サイズ、形状依存性を明らかにし、理論的考察を行ったものであり、メゾスコピック領域の電子波干渉効果の成果として高く評価されるべきもので、理学博士の学位論文として大変価値あるものと認める。