

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲／乙第 号	氏 名	Mortemousque, Pierre-Andre
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	Ph. D.	伊藤 公平
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	太田 英二
副査	慶應義塾大学准教授	博士（理学）	早瀬 潤子
副査	慶應義塾大学准教授	博士（情報理工学）	山本 直樹
(論文審査の要旨) 修士（工学）、Ingénieur centralien（エコールサントラル工学修士号）Mortemousque 君の学位請求論文は”Magnetic resonance of bismuth donors in silicon detected by spin dependent recombination”と題し、全 6 章より構成される。 固体量子コンピュータを実現するためには、演算速度が高い量子プロセッサと、量子情報保持時間が長い量子メモリを開発し、それらを量子力学的につなげる必要がある。現在、量子プロセッサの候補として超伝導量子ビットが有望視されており、その情報を保持するための量子メモリの開発が望まれている。そこで申請者は、シリコン中のビスマスドナーに束縛された電子スピンに着目し、その量子メモリ応用を検討した。超伝導量子ビットは数 mT 以下の外部磁場でのみ動作可能なため、そのような低磁場において超伝導量子ビットと同じエネルギースケールを有し、量子情報保持時間が十分に長い量子メモリ候補を検討する必要がある。シリコン中でビスマスに束縛された電子スピンの条件を満たす。 第 1 章は導入で、量子プロセッサと量子メモリを融合したハイブリッド量子計算の概要が提示される。第 2 章ではシリコン中の浅いドナーの電子磁気共鳴に関する基礎と背景が概観される。第 3 章では主たる実験手法である、スピン依存再結合を利用した高感度電子磁気共鳴検知の原理と実験装置系が詳述され、さらに本研究で用いた試料の作製手順が示される。第 4 章では、低磁場においてシリコン中のビスマス電子磁気共鳴測定に成功した成果が記述される。ビスマスに加えて、再結合中心として働く欠陥のスピン状態も明らかにされ、ビスマスの核スピン $I=9/2$ に基づき形成される 20 のエネルギー準位間の磁気共鳴遷移観測の詳細が示される。さらに遷移の種類により変化する信号強度を、再結合中心を介した速度方程式を用いてモデル化し、実験結果とよい一致を得る。第 5 章では、ビスマス量子準位を決定する超微細構造定数が歪みや電界といった外場の揺らぎによって変化してしまう問題を指摘し、超微細構造が変化しても遷移エネルギーが変化しない条件を実験的に見出す。また、スピン依存再結合を用いた読み出しにおける共鳴線の非対称性の原因も定量的に明らかにされる。第 6 章では結論が述べられる。 以上要するに、申請者は量子メモリ応用に重要なシリコン中のビスマス量子準位の操作と読み出し方法を開発し、その原理を定量的にモデル化する事から、ハイブリッド量子コンピュータ開発の基礎となる指針を示す事に成功した。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		