

Title	PRECISE CONTROL AND INITIALIZATION OF ELECTRON SPIN QUBITS
Author(s)	Yap, Yung Szen
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/26264
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Synopsis of Thesis

Title: PRECISE CONTROL AND INITIALIZATION OF ELECTRON SPIN QUBITS
(電子スピン量子ビットの精密制御と初期化)

Name of Applicant YAP YUNG SZEN

Two of the key elements to build a fault tolerant, scalable quantum computer are proper initialization and precise control of qubits. In this thesis, we show how to accomplish these for an Electron Spin Resonance (ESR) quantum computer. To achieve precise spin control, it is important to minimize spin decoherence and systematic errors. For the former, all of the intended gate operations must be completed before the spin relaxes and loses information irreversibly. To accomplish this, electron spins have to be strongly driven. We demonstrate this using a stripline resonator with a high microwave power-to-field efficiency to achieve a Rabi frequency of 210 MHz at 1 W at room temperature, which corresponds to a $\pi/2$ pulse of 1.2 ns. We also develop a 17 GHz arbitrary waveform pulsed ESR spectrometer to facilitate the generation of modulated pulses, which are effective against systematic gate errors such as pulse length errors. To demonstrate the flexibility of the spectrometer, we employ broadband type 1 (BB1) composite pulses to compensate for pulse length errors. Using BB1 composite pulses with a loop gap resonator, we demonstrate an estimated gate fidelity above 99.9% at room temperature. However, electron spins are barely initialized at room temperature. We then demonstrate initialization by cooling down electron spins to temperatures as low as 13 mK and carrying out pulsed ESR experiments. At 0.6 T, which corresponds to a resonant frequency of 17 GHz, electron spin polarization is higher than 99% for temperatures below 150 mK. Finally, by employing BB1 composite pulses at 150 mK, we demonstrate precise control (estimated gate fidelity $\geq 99\%$) on initialized (spin polarization $\geq 99\%$) electron spin qubit.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (YAP YUNG SZEN)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教 授 北 川 勝 浩
	副 査 教 授 占 部 伸 二
	副 査 教 授 糸 崎 秀 夫
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>本論文は、量子コンピュータの実現のために、電子スピンを量子ビットとして初期化しパルス電子スピン共鳴を用いて精密に制御する研究に関して述べている。電子スピンの初期化は、希釈冷凍機を用いて150mKの極低温下で0.6Tの静磁場下におき、99%以上の偏極を得ることによって達成している。電子スピンを精密に制御するために、強いマイクロ波共鳴磁場を照射して高速に量子演算を行うことによってデコヒーレンスに対して有利にし、コンポジットパルスによって共鳴磁場の不均一性による系統誤差を抑制している。前者を極低温による初期化を壊さない低電力のマイクロ波で、かつ、広帯域のパルス波形を照射可能な条件で達成するために、低Qでマイクロ波電力からマイクロ波磁場への変換効率の非常に高い17GHzのストリップライン共振器を開発している。半波長ストリップライン共振器の中央部を狭窄化して電流を集中させたバタフライ型共振器の狭窄化部をU字型に変形して磁場をさらに集中させ、給電線との結合度を可変にする機構を工夫してクリティカルカップリングやオーバーカップリングに調整して、低Qにも関わらず1Wのマイクロ波電力で210MHzという顕著なラビ周波数を実現している。後者は、広帯域の任意波形発生器を用いた17GHzの電子スピン共鳴分光計を開発して、BB1コンポジットパルスを照射することによって、室温で99.9%、150mKの極低温下で99%以上の忠実度の量子ビット回転操作を実現している。99%初期化された電子スピン量子ビットに対して99%の高忠実度の量子ゲート操作が行われたのは初めてである。以上のとおり、本論文は、高効率ストリップライン共振器による電子スピン量子ビットに対する高速な量子ゲート操作、極低温によって初期化された電子スピン量子ビットに対する高忠実度な量子ゲート操作という顕著な結果を述べており、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。</p>	