助成番号　2103214

５－２

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	電気機械振動子を用いた核音響共鳴分光法の提案と実証		
研究テーマ（英文）	Proposal of cavity nuclear acoustic spectroscopy using electromechanical resonators		
研究期間	2021 年 ～ 2023 年	研究機関名　産業技術総合研究所	
研究代表者	氏名（漢字）	岡崎雄馬	
	氏名（カタカナ）	オカザキユウマ	
	氏名（英文）	Yuma OKAZAKI	
	所属機関・職名	産業技術総合研究所・主任研究員	
共同研究者 ＊２名をこえる場合は、【別紙追加用紙】(P3)に３人目以降を追記してください。	氏名（漢字）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（英文）		
	所属機関・職名		
	氏名（漢字）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（英文）		
	所属機関・職名		

概要 （600 字～800 字程度にまとめてください。）

音波を利用して核スピンを計測する「核音響共鳴」は１９５０年代から研究されているが、音波の制御・計測の困難さや、音波と原子核との相互作用が弱く実用的な計測技術として発展しなかった。本研究の目的は、これらの困難を電気機械振動子による音波の制御・計測技術によって克服することである。その実証のために、100 MHz 程度の高周波電気機械振動子を作製し、核スピンと音波の共鳴状態を作り、核音響共鳴の基礎原理を検証する。

本研究では、表面弾性波と呼ばれる基板表面を伝搬する音波モードを用いた高周波機械振動子を、圧電材料である GaAs 基板上に作製し、核と音波の結合の検出を試みた。作製に先立って、核と音波の相互作用の文献値をもとに、磁場の印可方向、結晶方位を考慮し結合強度が最大になる表面弾性波モードを見積もり、設計を行った。フォトリソグラフィーを用いて作製した素子を低温(10 mK)、強磁場下に配置し音波の共振モードを測定しながら磁場を掃引することで核スピンと音波の結合の測定を試みた。基板に含まれる核スピンの歳差周波数が音波の共振周波数と一致する磁場付近で音波のモードの変化を調べたが、変化は観測されなかった。その原因を解明するため、表面弾性波の解析解を利用して核と音波が実際のデバイスでどのように相互作用するかを数値計算した。その結果、表面弾性波の振動変位は深さ方向に指数関数的に減衰することが知られているが、この指数関数的な減衰に伴って核と音波の相互作用も空間的に変化し、素子全体でアンサンブル平均を取った時核スピンからの音波信号が急激に減衰することが分かった。深さ方向への指数関数的な減衰が問題であると明らかになったことで、将来的な改良として深さ方向に変化のない別の振動モード（例えば Lamb モードなど）を使用する方向で素子を改良する必要があると結論付けた。Lamb モードを利用した素子の実現に向けた条件出しなどを進めている。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	

英文抄録（100 語～200 語程度にまとめてください。）

Nuclear acoustic resonance, which uses acoustic waves to measure nuclear spins, has been studied since the 1950s. However, the challenges in controlling and measuring sound waves and the weak interaction with nuclei prevented its practical use. This study aims to overcome these difficulties using electromechanical resonators. As a feasibility study, we fabricated high-frequency resonators, which is on-resonant with nuclear spins, demonstrating the basic principles.

We used surface acoustic waves (SAWs) on a GaAs substrate, to detect the coupling between nuclei and acoustic waves. Prior to fabrication, we optimized the SAW mode to maximize the sound-nuclei coupling, by considering the direction of the magnetic field and crystal orientation based on the previous reports. The devices, fabricated using photolithography, were placed at low temperatures (10 mK) and strong magnetic fields. We attempted to measure the coupling by sweeping the magnetic field while measuring the resonance modes, however, no changes in the acoustic measurements were observed. After numerical analysis, we concluded that using a different acoustic mode, such as Lamb mode, is necessary. We are now fabricating new devices using Lamb mode.

(179 words)