

# 熱伝導を利用したCMOS移相発振器

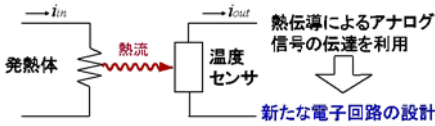
～熱伝導回路開拓に向けて～

平井 孝明、浅井 哲也、雨宮 好仁

北海道大学大学院 情報科学研究科 情報エレクトロニクス専攻

## 研究の目的

熱伝導を利用した電子回路の開発



熱伝導による位相の遅れが発生  
→ 移相発振器の設計が可能

他にも、熱伝導により遅延回路、絶縁増幅器への応用可能

温度  $\theta_1$  熱伝導の媒質 温度  $\theta(x)$   $\theta_2$

相似 温度 → 電圧  
熱流 → 電流

熱伝導方程式:  $c\mu \frac{\partial \theta(x,t)}{\partial t} = k \frac{\partial^2 \theta(x,t)}{\partial x^2}$

電圧  $V_1$   $R$   $C$   $V(x)$   $V_2$

RC伝送線路方程式:  $C \frac{\partial V(x,t)}{\partial t} = \frac{1}{R} \frac{\partial^2 V(x,t)}{\partial x^2}$

容量 抵抗 (単位長)

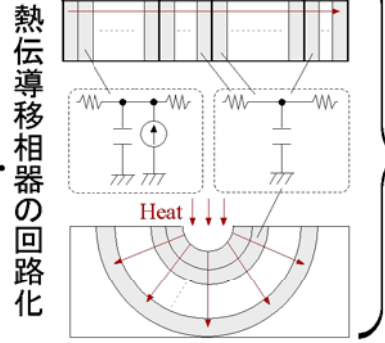
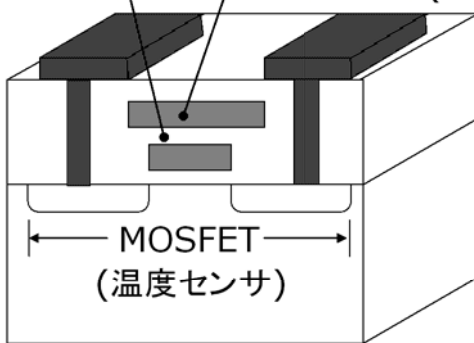
<一次元熱伝導系>  
高温( $\theta_1$ )から低温( $\theta_2$ )へ熱が拡散  
熱拡散による媒質中の温度分布は熱伝導方程式により表される

<2導体系によるRC伝送線路>  
導体の抵抗Rと導体間の容量成分C  
RとCのはしご型回路が形成され、伝送線路の電圧は、電信方程式により表される

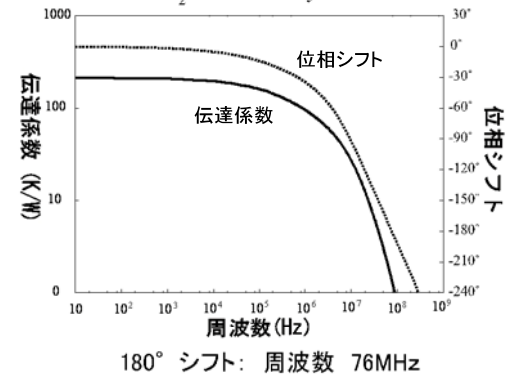
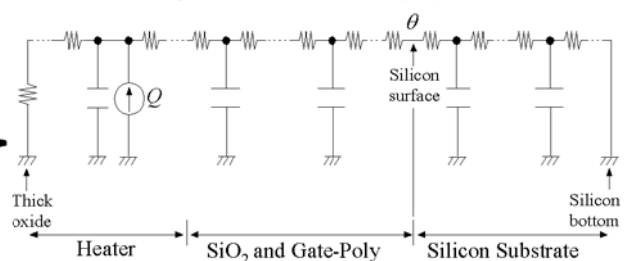
RCローパスフィルタ

熱伝導方程式と電信方程式の類似性から熱伝導移相発振器は、RC移相発振器がモデルとなる

## SiO<sub>2</sub> 多結晶シリコン(ヒータ)



## 熱伝導移相器の小信号等価回路



0.35  $\mu$ m-2Poly-4Metal CMOS Process Parameter

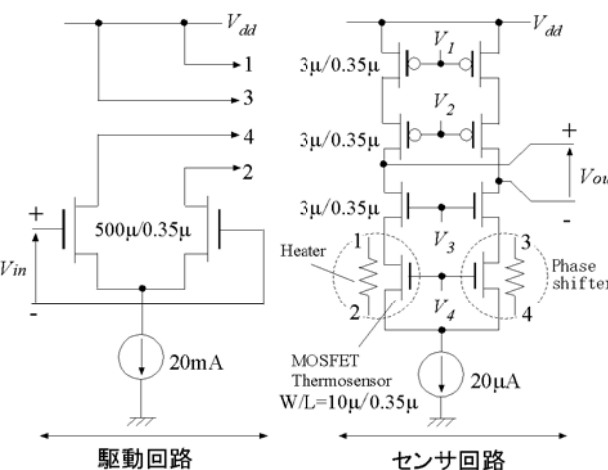
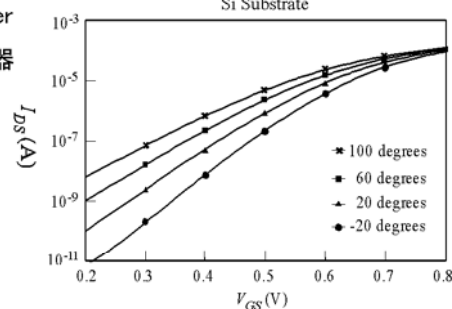
●2層ポリ構造を利用したMOSFETによる移相器

- Poly2をヒータとして利用
- Poly1はMOSFETのゲート

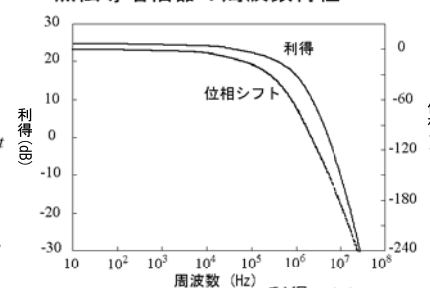
●MOSFETはサブスレッショルド領域で動作

- 温度変化による電流変化が大きい(右図参照)

温度センサとして利用するのに適している

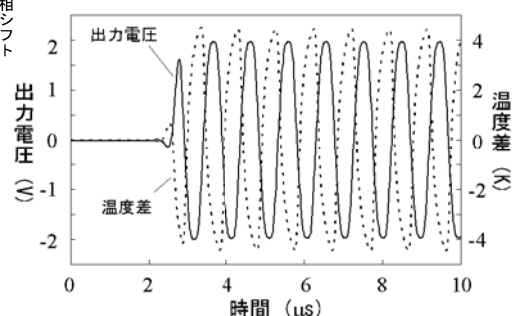


## 熱伝導増幅器の周波数特性



単層発振器: 180° シフト  
利得: -9.6dB  
周波数: 9.33MHz

三層発振器: 60° シフト  
利得: 17dB  
周波数: 0.76MHz

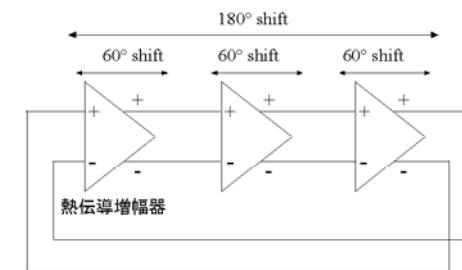


熱伝導増幅器→駆動回路、移相器、センサ回路から成る

駆動回路...ポリシリコンヒータに電流を流す

熱伝導移相器...位相シフトを機械的に行う

センサ回路...ヒータからの熱をMOSFET温度センサが受け取り、それを増幅して出力



最大振幅  
出力電圧: 1.97 (V)  
温度差: 4.47 (K)

発振周波数: 1.25MHz

## まとめ

三相発振器構造の熱伝導移相発振器

予想された発振周波数: 0.76MHz

実際観測された発振周波数: 1.25MHz

正しい移相発振にはなっていない