

ポリシリコン温度センサを利用した熱伝導移相発振器

Heat conduction phase-shift oscillator using poly-silicon temperature sensor

平井 孝明 浅井 哲也 雨宮 好仁
Hirai Takaaki, Asai Tetsuya, Amemiya Yoshihito

北海道大学大学院 情報科学研究科
Department of Electrical Engineering, Hokkaido University

1. まえがき

集積チップ上の近接した素子間では、熱伝導によりアナログ信号を伝達することができる。このとき熱伝導の遅れによる位相推移が発生するので、それを利用した移相発振器の構成が可能である。その第一段階としてポリシリコンヒータと MOSFET 温度センサの熱伝導移相器を用いた回路構成を先に提案した[1]。しかし MOSFET センサは感度向上のためサブスレッショルド動作させる必要があるので応答速度が遅くなり、そのため余分な位相推移が発生する。したがって移相器だけでは発振周波数を定めることができなかった。この点を改善するため、本稿では MOSFET センサに替えてポリシリコン温度センサを用いた回路を提案する。

2. ポリシリコン温度センサの熱伝導移相器

ポリシリコン抵抗を温度センサとする熱伝導移相器を図1に示す。フィールド酸化膜上の第一層ポリシリコン poly1 をヒータ、第二層ポリシリコン poly2 を温度センサとして用いる。Poly1 ヒータで熱を発生させ、ポリ間酸化膜を通して poly2 センサの温度を変化させる。温度変化によりポリシリコンの抵抗値も変化するので、それをセンサ出力回路で検出する。ポリ間酸化膜の熱伝導により位相推移が発生する。この熱伝導移相器を設計して周波数特性を解析した。その一例を図2に示す ($0.35 \mu\text{m}$ -2poly-4metal CMOS パラメータを使用。poly2 の温度係数は $0.6 \times 10^{-3} \%$ /K)。

3. 熱伝導移相発振器と動作解析

この移相器にヒータ駆動回路とセンサ出力回路を付けて図3の熱伝導増幅器を構成した(入出力とも差動構成)。入力電圧 V_{in} で駆動回路を動かして poly1 ヒータ (1-2, 3-4) に電流を流す。Poly2 センサには定電流を流し、抵抗変化による電圧の変化をセンサ出力回路で受けて出力電圧 V_{out} を発生させる。

この熱伝導増幅器の入出力を負帰還接続して移相発振器を構成した。ただし、位相シフト π の周波数では図2のように移相器の伝達係数が小さい。そのため熱伝導増幅器の利得も1を下回るのので、そのままでは発振しない。そこで熱伝導増幅器を3段接続して三相発振器を構成し、位相シフト 60° の周波数で発振させた。この周波数であれば移相器の伝達係数は十分に大きく発振可能である。

この三相発振器の動作を図4に示す。これは一つの移相器の出力電圧 V_{out} の発振波形である。発振の周波数は 1.08MHz であった。これは図2から予想される 60° 位相シフトの周波数 1.02MHz とかなり近い。このように、ポリシリコン温度センサを用いると、ほぼ移相器の特性で決まる周波数で発振する回路をつくることができる。

(文献: [1] Hirai T. et al., Proc. of the AWAD2008)

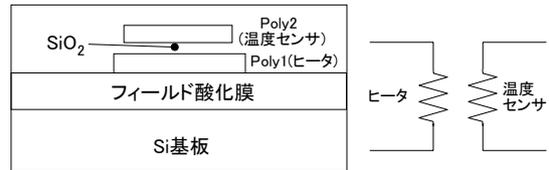


図1 ポリシリコン抵抗を温度センサとする熱伝導移相器

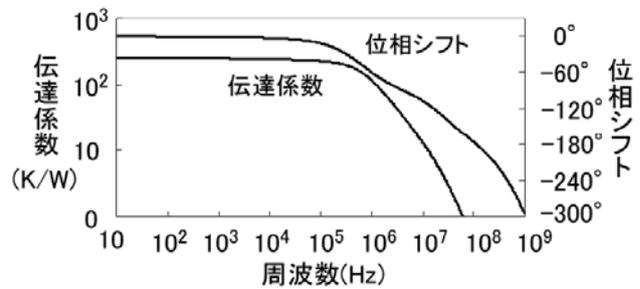


図2 熱伝導移相器の周波数特性。Poly1 ヒータ駆動電力に対する poly2 センサ温度の応答特性を表示。

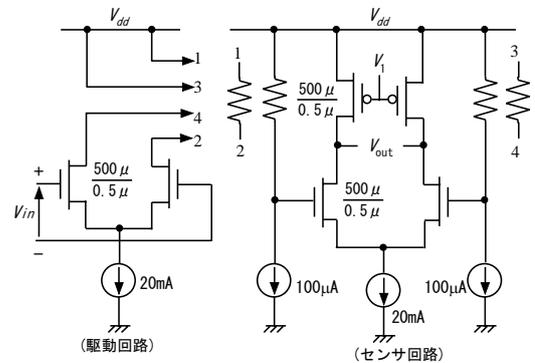


図3 熱伝導増幅器。移相器、駆動回路(左)、センサ出力回路(右)からなる。パラメータの数値例を記載。

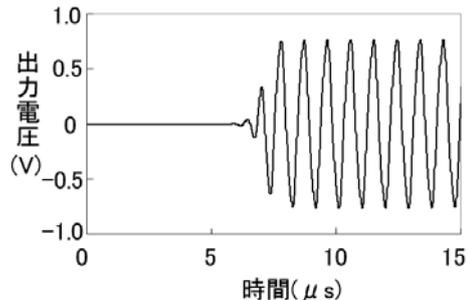


図4 発振波形(立ち上がり部分)。三相発振器における一つの移相器の出力電圧 V_{out} 。シミュレーション結果。