

電子・情報工学専攻	学籍番号	049301
申請者氏名	須藤 稔	

指導教員氏名	石田 誠 澤田 和明 高尾 英邦
--------	------------------------

論文要旨(博士)

論文題目	ユビキタスセンサネットワークに向けた電波発電集積回路に関する研究
------	----------------------------------

(要旨 1,200字程度)

現在、センサ技術の進歩により、さまざまな事柄のセンシングが可能となった。一方で、半導体技術の微細化が進み、無線 (RF) 回路の集積化が可能となり、小型の無線による情報のネットワーク化が近年急速に発達してきている。このセンシング技術と無線によるネットワークを組み合わせることで、さまざまなセンサネットワークでの活用が検討されてきている。このセンシング回路や RF 回路には、動作させるためのエネルギー源が必要なり、一般的にはバッテリー (1次電池) が用いられている。

ところが、バッテリーの場合、半導体チップに比べて、容量、重量が大きく、センサネットワークシステムの小型化において最も課題となっており、バッテリーフリー (メンテナンスフリー) で、かつ、小型な電源が強く要求されている。そこで、本研究では、バッテリーフリーかつ小型なユビキタスセンサネットワークの電源回路を実現し、そのための部品の集積化技術や電源回路技術を確立することを目的としている。

本研究では、インプラントしても可能なエネルギー源として、電波を利用することにした。電波発電回路では、高周波で動作する高性能なショットキーバリアダイオード (SBD) や、電荷を蓄えるための大容量のキャパシタが必要になる。これらの素子は、個別の表面実装部品 (SMD) として広く利用されているが、現在の半導体のテクノロジーにおいて、Si チップへ集積化することは困難である。そこで、電源回路の小型化のため、これらの高性能な SMD を Si 基板へ集積化するための技術を確立した。具体的には、Si 基板に、DRIE (Deep Reactive Ion Etching) にて、SMD を挿入するための穴を掘り、そこに部品を埋め込んだ。部品の埋め込みは、重力と適宜な振動を利用することで、ウエハーレベルで複数の部品の自動配置可能なことが確認できた。

次に、電波を受けて発電し、負荷に対して一定の電圧を供給する電源回路を開発した。簡単に利用可能な電波として、携帯電話の発信、着信時の電波によって発電するシステムとした。電波は、レクテナ (アンテナと整流回路の合成) によって、整流し直流電圧を得るが、その電圧値は、負荷を駆動するのに十分な値ほど大きくない。そこで、レクテナからの出力電圧を昇圧し、ある電圧に達したところで、LDO レギュレータによって、負荷に一定の電圧を供給するシステムとした。負荷に十分な電力を供給するため、昇圧回路の出力には大きな容量を付加し、その容量に蓄えたエネルギーによって負荷への電力供給を行うようにした。この電波発電電源回路は、現在の半導体技術で集積化が困難な、SBD や、大容量のキャパシタに対して SMD を用い、CMOS テクノロジーで集積化した電源 IC チップ内に、DRIE にて穴を掘り、その部分に SMD 部品を埋め込むことで、1チップの電波発電電源回路を実現した。

この無線で電力を受けて負荷に電力を供給することができる、小型の電波発電回路が実現できたことで、今後、電波を電力源としたユビキタスセンサネットワーク用の小型電源回路としての応用が期待される。

電子・情報工学専攻	学籍番号	049301
申請者氏名	須 藤 稔	

指導教員氏名	石田 誠
	澤田 和明
	高尾 英邦

論 文 要 旨(博士)

論文題目	Research on the RF power generation integrated circuits for ubiquitous sensor networks
------	--

(要旨 1,200字程度)

Now, sensing of various matters became possible because of the development of various sensors. On the other hand, integration of a radio frequency (RF) circuit in a Si chip has been possible because of the progress of semiconductor technology. Combining this sensing and RF technology, application for various uses has been considered. Both sensing and RF circuit requires energy source for its operation, and generally the battery (primary cell) is used as the energy source. However, in case of battery, size and weight are large compared with the sensing and RF circuit (semiconductor chip), so it is a subject in a miniaturization of a sensor network system. Then, in ubiquitous sensor networks, battery-free (maintenance free) and a small sized power supply is strongly required.

The aim of this study is to realize an ultra small battery-free power supply system for ubiquitous sensor networks. In this paper integration technology of SMD (Surface Mount Device) and power supply circuit technology for an ultra small battery-free power supply is presented.

At first, the technology for integrating SMD to Si substrate has been established for the miniaturization of the power supply system. Deep holes are formed on the surface of the Si wafer by Deep Reactive Ion Etching (DRIE) process after general integrated circuit process for mounting SMD. The technology for mounting SMD uses gravity and a proper vibration, and has confirmed that the automatic arrangement of two or more kinds of part is possible with the wafer level.

Next a power supply system which generates electricity in response to the RF electric wave has been developed. The RF electric wave has been received and rectified by a rectenna (combination of an antenna and rectifier), a charge pump (CP) circuit boosts up an output voltage of the rectenna to an optional voltage, after that switch circuit connects between an output voltage of CP circuit and an input of LDO (Low Drop Out) regulator, and LDO regulator supplies fixed voltage to a load. The monolithic RF induced power supply system has been developed by mounting SMD on deep holes which are made by DREI process after standard CMOS process.

From now on, this integration technology of SMD and power supply circuit technology will be expected in the application as a RF induced power supply circuit for ubiquitous sensor networks.