



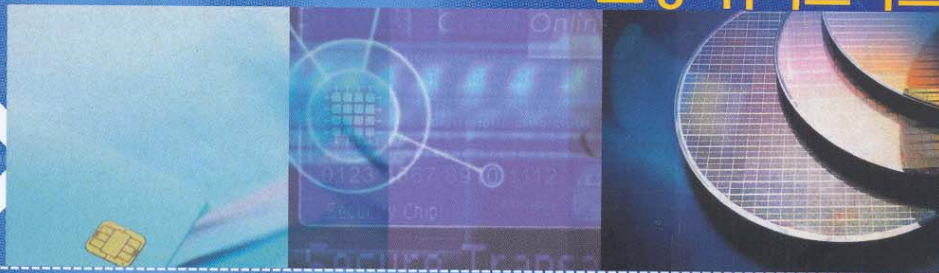
Semiconductor,  
Expanding the Horizon

上

제15회  
한국반도체학술대회

2008. 2. 21 (목) 발표논문(上)

보광 휘닉스파크



주관

서울대학교  
한국반도체산업협회  
한국반도체연구조합

주최

한국물리학회 반도체분과회  
한국재료학회  
대한전기학회 전기재료연구회  
대한전자공학회 반도체재료 및 부품연구회  
대한전자공학회 SoC 설계연구회  
반도체설계교육센터(IDEC)

후원

삼성전자, 하이닉스반도체, 동부하이텍,  
한국전자통신연구원, 램리서치코리아, 유진테크,  
에이엠에스티, LG 전자, 티엘아이, 사놀시스코리아,  
실리콘웍스, 소솔, ARM KOREA, 케이씨텍,  
유니테스트, 세미코리아, 엑셀리스 코리아,  
케이던스코리아, 한국멘토,  
IEEE Electron Device Society Korea  
Chapter,  
IEEE ED/SSC Seoul Chapter

[www.kcs2008.org](http://www.kcs2008.org)

The 15th Korean Conference on Semiconductors

# An Implantable Multichannel Stimulating System IC for Deep Brain Stimulation

이태형, 박세익, 송종근, 김성준  
서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부  
초미세생체전자시스템연구센터

## 초록

This paper proposes a newly designed deep brain stimulation(DBS) system which have selective multi-channels and enable to control electrical stimulating parameter widely for various experiments. To realize the proposed system, neural current stimulation chip, wireless data and power transmitter/receiver are developed, and additional charging circuit and memory block are composed to total set of system. The system receives inductive power to operate only receiver and data at 125 kb/s from a amplitude shift keyed (ASK) 2.5 MHz carrier to generate stimulus pulses. The current stimulation chip has 12-bits inputs to adjust stimulus pulse parameter, 3-bits inputs for channel enable and 1-bits to control chip operating. This chip which was fabricated using 0.35um CMOS process can generate biphasic stimulus pulse with wide range. The prototype implant system size without battery is 20mm x 30mm x 3mm.

## 1. 서론

전기 자극술은 최근 파킨슨씨병 등을 포함한 다양한 신경 병리학 질환의 치료를 위해 사용되고 있다 [1]. 특히 Subthalamic nuclei (STN)에 심뇌자극(Deep Brain Stimulation; DBS)을 행하여 매우 효과적인 치료를 행한 이후로 DBS를 이용한 신경병리학 치료를 위한 다양한 시도가 행해지고 있다[2]. 최근 들어 STN 뿐만 아니라 globus pallidus pars interna(GPi), ventral intermediate nucleus of the thalamus (Vim) 등 심뇌부의 여러 부분을 자극했을 때의 떨림(tremor), 부분적 운동마비(akinesia), 경직 (rigidity), 운동장애(dyskinesias) 등 다양한 질환에 대한 DBS의 효과에 대한 연구도 진행되고 있다[3] [4]. 하지만 심뇌부의 다양한 부분을 동시에 자극하거나 순차적으로 자극했을 경우 그 치료 효과 및 심뇌부의 상호반응을 조사하는 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 신경병리학 질환의 치료를 위하여 완전 이식하여 전기자극을 통해 심뇌부의 여러 부위에 동시 자극이 가능한 시스템을 제안하고 이를 구현하였다.

## 2. 시스템 구성

제안된 다채널 DBS 시스템은 데이터 수신단, 내부 전류자극회로, 메모리회로, 배터리 충전회로 등으로 이루어진다[그림 1]. 내부 전류자극회로는 0.35-um CMOS 공정으로 구현되었으며 전원은 충전식 배터리를 통해 공급된다. 다채널 DBS 시스템의 상세한 스펙은 표 1에 나타내었다.

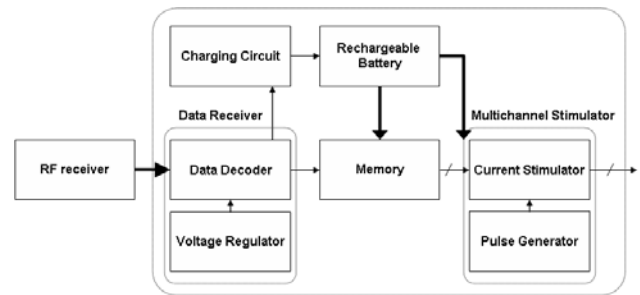


그림 1. 다채널 DBS 시스템의 블록도

<i>Telemetry</i>	
Modulation scheme	ASK
Encoding scheme	PWM
Carrier frequency	2.5MHz
Data rate	125kbps
<i>Stimulation</i>	
Supply voltage	3.3
Max. number of channel	3
Max. stimulation amplitude	500uA
Max. stimulation duration	480us
Pulse rate range	36-250Hz

표 1. Specification of DBS system

### a) Data Transmitting & Receiving

체내에 이식이 가능한 다채널 DBS 시스템은 코일을 이용한 RF telemetry를 사용하여 외부로부터 데이터 및 파워를 전송받는다[5]. 전송될 정보는 pulse width modulation (PWM) 형태로 코딩 된 후, 2.5MHz의 radio frequency (RF) 캐리어 신호를 통해 amplitude shifting keying (ASK) 방식으로 변조되고 외부 코일과 내부 시스템에 연결된 내부 코일간의 커플링에 의해 전송된다. 수신단의 전력은

데이터를 수신하는 동안만 코일을 통해 전송된 파워를 voltage regulator를 통해 일정한 전력으로 공급하며 데이터를 수신하지 않을 경우 off 된다.

b) Memory & Stimulating Circuit

데이터 신호는 16-bit를 갖는 메모리 회로로 입력되어 내부 전류자극회로를 위한 파라미터 신호를 저장한다. 설정된 파라미터는 출력 전류자극의 설정(12-bit) 및 사용할 자극 채널 수(3-bit) 및 내부 회로의 on/off(1-bit)를 결정한다. 내부 자극회로에서 출력되는 자극 파형은 전극 계면상의 전하 축적을 최소화하고 효과적인 자극을 위하여 negative first biphasic current로 생성된다. 자극 레벨은 5-bit amplitude, 4-bit duration, 3-bit pulse rate로 다양한 실험을 위하여 광범위한 범위에서 동작하도록 설계되었으며 자극 채널 역시 선택적으로 동작이 가능하도록 설계되었다. 내부 자극회로는 pulse generator를 이용하여 1-Mhz의 내부 클럭으로 동작하며 데이터가 입력되지 않는 경우에도 메모리에 저장된 파라미터를 이용하여 출력 자극 파형을 생성한다.

c) Charging Circuit & Battery

배터리 충전은 내부 배터리 충전회로에 의해 동작하며 모든 입력 데이터 신호가 '0'인 경우 charging circuit의 스위치가 'on'되어 코일로부터 받은 파워를 충전을 위한 전력으로 이용한다. 사용된 충전지는 75-mAh의 용량을 가진 코인형 리튬-이온 배터리를 사용하였다.

3. 측정 결과

제작된 다채널 DBS 전기자극 시스템은 그림 2와 같다. 전체 시스템은 30mm x20mm의 PCB platform위에 제작되었다. 출력 자극파형은 그림 3과 같이 negative-first biphasic current로 세 개의 채널을 모두 enable한 상태에서 amplitude는 100uA(@2kΩ 저항), duration은 500us로 설정하였을 때 측정된 파형을나타낸다. 측정된 자극 파형의 amplitude는 20uA resolution으로 최대 600uA 이고, duration은 32us resolution으로 최대480us이며, pulse rate은 36-250Hz의 범위를 갖는다. 배터리를 사용한 시스템은 약 15일 동안 연속 동작이 가능하며, 배터리 충전 시 완충까지 약 90분이 소요된다.

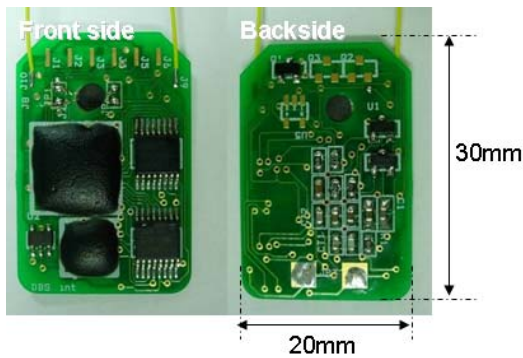


그림 2. 제작된 다채널 DBS 전기자극 시스템

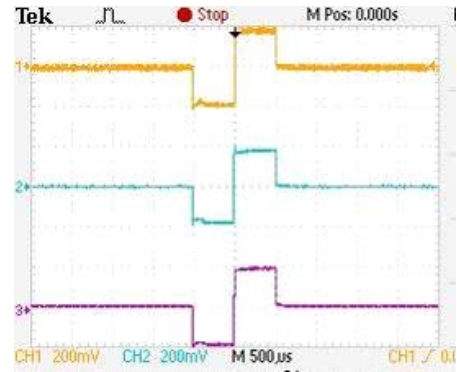


그림 3. Negative-first biphasic current

4. 결론

본 연구에서는 DBS용 임플란트가 가능한 다채널 전기자극 시스템을 제안하였다. 시스템은 무선으로 데이터와 파워를 전송받을 수 있으며, 광범위한 자극 레벨에서 전기자극이 가능하다. 또한 데이터 수신단과 내부 자극회로의 전력을 분리하여 저전력 시스템을 구현하였고 충전회로를 구현하여 배터리의 충전이 가능하도록 하였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 저전력 및 소형으로 임플란트가 가능하고 광범위한 자극레벨의 조절이 가능하며 다채널을 구현하였으므로 파킨슨씨병을 포함한 다양한 신경병리학 질환의 치료를 위한 실험의 도구로 응용이 가능할 것이라고 예상된다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터 육성사업의 지원으로 수행되었습니다(R11-2000-075-01001-0). 제작된 chip은 IDEC MPW 프로그램과 (주) 삼성전자의 지원에 의해 제작되었습니다.

참고문헌

- [1] L. Velisek, et al., "Electrical stimulation of substantia nigra pars reticulata is anticonvulsant in adult and young male rats", *Exp Neurol* 173 pp. 145-152, 2002
- [2] A. L. Benabid, et al., "Subthalamic stimulation for Parkinson's disease", *Arch Med Res*, vol. 31, pp. 282-9, 2000
- [3] P. Pollak, et al., "Treatment result: Parkinson's disease." *Mov Disord*, vol. 17 Suppl 3, pp. S75-83, 2002
- [4] S. I. Park, et al. "Electrical stimulation of the anterior cingulate cortex in a rat neuropathic pain model," *Acta Neurochir Suppl*, 99 pp. 65-71, 2006
- [4] Z. Hamici, et al., "A high-efficiency power and data transmission system for biomedical implanted electronic devices," *Meas. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 192-201, 1996