

비선형회귀 확산모형을 이용한 반도체 시장수요 추정

김진*, 고경일**

페어차일드 반도체*, 백석대학교 경상학부**

Estimation of Semiconductor Market, Using NLS Diffusion Model

Gene Kim*, Kyung-Il Khoe**

1st Author, Ph. D., Director of Strategic Business Development, Fairchild Semiconductor Inc.*

Associate Professor, Division of Business & Commerce, Baekseok University**

요 약 확산모형은 시장의 예측이나 그 방법론의 연구를 위해 마케팅에서 광범위하게 다루졌을 뿐 아니라, 경제학에서도 다양하게 활용되어 왔다. 특히 Bass 모형은 Rogers의 혁신확산 및 수명주기이론을 간단한 수리적 모형으로 표현할 수 있기에 혁신적 신제품의 채택과 확산을 설명하는데 널리 활용되었다. 그럼에도 불구하고, 확산모형은 ‘산업의 쌀’이라 일컬어지는 반도체의 수요예측에 일부 선도적 연구를 제외하고는 활용된 바 없다. 이에 Bass 모형에서 진일보한 비선형회귀 접근법 확산모형을 활용, 전력반도체 중 전기전자기구의 필수 스위치로 채택되는 MOSFET의 수요를 추정하여 수명주기를 예측하고 그 과정을 설명함으로써 산업관계자는 물론 반도체와 전기전자산업 정책입안자에게 중요한 시사점을 전달하고자 한다.

주제어 : Bass 모형, 비선형회귀 접근법 확산모형, 반도체, MOSFET, 제품수명주기, 잠재시장 규모

Abstract Diffusion model is popular research topic in marketing and economy particularly for the areas of model specification and market size forecasting. In particular, Bass model can explain Roger's innovation diffusion and product life cycle through easy mathematical representation and hence the model has been widely used for the explanation of adopting innovative new products and technologies. Nonetheless, there're only a couple of pioneering researches about semiconductor market, using diffusion models. Consequently, we'd utilise NLS approach diffusion model to estimate the market potential of MOSFET, major switching device for power management of system, and explain the process to industry stakeholders and policy makers for delivery of managerial implication with pragmatic purpose.

Key Words : Bass Model, NLS Approach Diffusion Model, Semiconductor, MOSFET, Product Life Cycle, Ultimate Market Potential

1. 서론

반도체는 컴퓨터와 유무선통신, 가전/산업용 전기전자, 자동차, 재생 에너지에서 의료, 군사/항공/우주분야에 이르기까지 있는 연구주제이며 행까지 주요 다양한 응용처

와 시스템에서 핵심 부품의 역할을 하고 있어, 다른 어떤 부품산업보다 전략적 중요성을 갖는 제조업의 핵심 분야라고 하겠다[1].

현재 지속적인 원유가격의 상승 및 환경오염에 대한 인식으로 전 세계는 화석연료 사용과 이산화탄소의 절감

Received 13 January 2014, Revised 13 February 2014
Accepted 20 March 2014
Corresponding Author: Kyung-Il Khoe(Baekseok University)
Email: kyungil@bu.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

을 목표로 재생에너지에 주목하고 있으며 전력에너지의 절약 및 효율증대를 추구하고 있다. 하지만 전기전자기기 시장은 시장과 소비자의 요구에 부응하여 다양한 기능을 탑재하는 방향으로 진화해 왔는데 이는 보다 많은 전력의 소비를 의미한다. 더불어 제조업과 가전수요 증대의 영향으로 전력 사용이 큰 각종 모터 사용이 늘고 있다[2]. 전력사용이 증대되는 가운데 기구와 장치 수준에서 전력 에너지를 절감하고 효율을 향상시키는 것은 한계가 있으며, 보다 근본적인 대책은 시스템에서 전력의 관리, 변화, 분배를 맡는 고성능/고효율 전력반도체를 적용하는 것이라 하겠다. 전력반도체는 크게 Power Discrete와 Module 그리고 다양한 Power Management IC(Integrated Circuit) 등으로 구분할 수 있다[3, 4, 5]. 각종 전기전자 시스템을 구동시키는 스위칭 소자에는 Power Discrete 중 Power MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)이 주로 적용되는데 MOSFET은 전력 반도체 중 가장 큰 점유율을 갖고 있다.

반도체 산업의 전략마케팅 전문가로서 가장 빈번히 받는 질문 중 하나는 반도체 제품의 미래 시장규모에 대한 예측이다. 이러한 의문에 답하기 위해 본 연구에서는 전력반도체 중 가장 중요한 역할을 차지하고 있는 MOSFET의 과거 매출 데이터를 바탕으로 비선형회귀(Non-linear Least Square) 접근법 확산모형을 이용하여 잠재시장 규모를 추정하고 이를 바탕으로 수명주기를 가늠해 보고자 한다. 더불어 예측된 수명주기에 근거하여 현재 기술로 개발, 생산되는 MOSFET 이후의 대체재에 대한 실무적 입장을 제시함으로써 관련 반도체의 산업관계자는 물론 반도체와 전기전자산업 정책입안자에게 필요한 시사점을 전달하고자 한다.

확산모형은, 그 방법론에 대한 논의, 개선방향과 시장 규모 예측의 목적으로 마케팅과 경제학에서 광범위하게 다뤄져 1940년 이래 현재까지 4,000 편을 넘는 연구가 발표될 만큼 관심 있는 연구주제이며 행동과학 연구분야의 어떤 부문도 필적하지 못할 정도로 많은 연구가 이뤄져 [6], 특히 마케팅 역사에 있어 학문적 그리고 실용적인 측면에서 가장 가치 있는 주제이다[7]. 한편 확산모형에서는 경제성장을 촉진시키는 신제품과 기술의 중요성을 강조할 뿐 아니라 경영자들이 확산모형을 통해 제품수요를 예측하고, 제품전략을 더욱 효율적으로 수립하는 것이 가능하도록 함으로써 그 가치를 인정받고 있다[8].

확산모형의 대표적 방법론은 Bass 모형이다[9]. Bass 모형은 소개 이후 신제품 또는 서비스의 확산과정을 설명하는데 가장 널리 사용되어 왔는데, 행태론에 근거한 Rogers의 S자형 제품수명주기 이론[6]을 간단한 수리적 모형을 통해 설명할 수 있다는 데 큰 장점이 있다[10]. 이때 Bass 모형은 Rogers의 신제품 채택자 집단 중 'Innovators'를 대중매체로부터의 정보 습득 또는 외부 영향에 의한 최초 구입자 집단인 '혁신자(Innovators)'로 정의하였으며 그 외의 집단들은 구전효과 또는 내부 영향에 의하여 모방 구매하는 '모방자(Imitators)'로 정의하였다[8, 9]. Bass 모형에서는 매출이 이전 기간 누적매출의 2차 함수로 표현되기에 S자형 제품수명주기 이론을 잘 설명할 수 있으며, 모형을 통해 혁신계수 p , 모방계수 q 그리고 매출이 절정에 이르는 기간 및 그 크기를 쉽게 구할 수 있다[10, 11, 12, 13, 14]. 이 외에도 Tellis(2007)는 Bass 모형의 혁신계수 p , 모방계수 q 의 값을 '0'으로 하는 조작을 통해 각각 로지스틱 확산모형과 지수 증가함수의 형태를 취할 수 있음을 Bass 모형의 장점으로 지적하고 있다. 하지만 Bass 모형에는 몇 가지 한계가 있는데 그 중 대표적인 것은 Bass 모형의 혁신계수, 모방계수 그리고 잠재시장 규모가 신제품 확산의 마케팅에 영향을 주는 효과들을 이미 포함하고 있다고 가정하는 것이다. 엄밀히 고찰하면, 기본적 Bass 모형은 가격, 광고와 같은 마케팅 변수의 직접적 영향을 배제하고 있으므로 이러한 한계를 극복하기 위하여 마케팅 효과를 Bass 모형에 반영하는 일반화 Bass 모형이 개발되었다[10]. 또한 경쟁적 제품 등장이 확산에 미치는 영향을 반영한 모형[15]이나 보완재 등장이 확산에 미치는 영향을 반영한 모형[16, 17] 그리고 고기술 제품의 세대별 등장을 반영한 모형[18, 19] 등 많은 일반화 모형이 제시되었다.

상기의 한계점 외에도 기본적 Bass 모형은 표본 데이터의 선택, 관측값의 추가 및 그 주기에 따라 모형의 혁신계수, 모방계수 및 잠재시장 규모 추정치가 안정적이지 못하며 예측력이 떨어진다는 지적이 있다[20, 21]. Schmittlein and Mahajan(1982)는 OLS(최소자승법)에 근간을 둔 기본적 Bass 모형에 약점이 있음을 지적하며 이를 극복하기 위한 노력으로 모수추정을 위한 최우추정법을 제시하였다[23]. 그러나 최우추정 접근법은 표본 오차를 줄일 수 있다는 장점에도 불구하고 마케팅 관련 변수에서 야기되는 효과의 오차를 설명할 수 없어 결국 모

수 추정치의 표준 오차를 과소평가하는 단점이 지적되었고, Srinivasan and Mason(1986)은 비선형회귀 접근법 확산모형을 제시함으로써 기본적 Bass 모형과 최우추정법의 모수추정 한계를 극복하고자 하였다[24]. 일반적으로 비선형회귀 확산모형의 예측력과 모수추정치 정확도는 일반화 Bass 모형이나 최우추정 접근법과 유사하거나 또는 능가한다고 평가되고 있다[7, 13, 24]. 이에 본 연구에서는 적용이 용이하면서도, 대 표본을 모형에 적용했을 때 정확한 모수추정치를 얻을 수 있는 비선형회귀 접근법 확산모형을 분석의 방법론으로 채택하고자 한다.

한편 전술한 바와 같이, 제조업 여러 분야에서 핵심부품으로서 반도체가 갖는 중요성에도 불구하고 Norton and Bass(1987)가 초기 메모리 반도체의 세대별 확산을 분석한 선도적 연구를 제외하고는 기존 확산모형 연구에서 반도체 산업은 분석되지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 전력사용 절감과 전력효율성의 증대라는 시대적 요구에 맞추어 그 중요성이 점증하고 있는 전력반도체 중 가장 큰 비중을 차지하는 스위칭 소자 MOSFET의 수요를 비선형회귀 확산모형을 활용, 추정하고자 한다.

2. 표본의 고찰과 모형의 수립

2.1 표본의 고찰

전술한 바와 같이 반도체는 다양한 응용처와 시스템에서 핵심 부품의 역할을 하고 있어, 다른 어떤 부품산업보다 전략적 중요성을 갖고 있으며 그 매출 또한 지속적으로 증가하는 추세이다. WSTS(세계반도체무역통계, 2013)에 따르면 지난 2013년을 중심으로 5년 간 전체 반도체는 2011년 299.5 십억 달러의 출하실적, 2013년 304.3 십억 달러 그리고 2015년 327.3 십억 달러의 출하가 예상된다. 같은 기간 전력반도체는 2011년 25.7 십억 달러의 출하실적, 2013년 23.0 십억 달러 그리고 2015년 25.9 십억 달러의 출하가 예상되는 데, 이는 전체 반도체 시장에서 약 8.0 %의 점유에 해당한다. 전력반도체 중에서 MOSFET은 2011년 6.0 십억 달러의 출하실적, 2013년 5.4 십억 달러 그리고 2015년 5.9 십억 달러의 출하가 예상되는데, 이는 해당 기간 전력반도체 시장규모의 약 23.2 %의 점유에 해당하며 전력반도체를 구성하는 반도체 제품군 중 가장 큰 규모인 Power Transistor 중에서

도 과반을 넘는 50.2 %의 점유에 해당한다. 이에 MOSFET에 대한 분석은 전체 전력반도체에 대한 분석을 대변한다고 하겠다. 한편 전력반도체를 구성하는 다른 제품들 중 Power Management IC는 다양한 하부 제품군으로 이뤄져 있으며, IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)는 단품 제품보다는 두 개 이상 Chip이 하나의 반도체 패키지 안에 탑재된 모듈의 형태로 많이 생산되고 있다. 또한 BJT(Bipolar Junction Transistor)와 Rectifier는 전 세계적 출하가 기록되기 훨씬 이전부터 생산, 판매되어 제품 수명주기의 초기 단계를 반영할 수 없다는 문제를 갖고 있다. 이에 반하여 MOSFET은 구현기술(예, Planar 기술, Super Junction 및 Trench 기술)이나 구조(예, N-MOS, P-MOS 등)에 따라 비록 몇몇 하부 제품군을 갖고 있지만 이는 응용처의 요구와 시스템의 특성에 맞게 구분되어 적용되는 것이므로, 하나의 대 제품군으로 보아도 무방하다. 또한 다른 Power Transistor 제품들에 비하여 모듈 출하의 비중이 상대적으로 훨씬 적으며, BJT나 Rectifier보다 상대적으로 근래에 양산화되어) 비교적 제품 수명주기 상 초기 단계의 데이터를 모형에 적용할 수 있다는 데이터 구득상의 장점에 의해 본 연구에서는 MOSFET을 분석대상으로 삼고자 한다.

MOSFET의 출하실적은 세계반도체무역통계의 월별 데이터 중 1991년 1월에서 2013년 9월까지의 데이터를 참조하였다. 한편 모형에 적용하는 데이터의 주기가 작게 되면 모방계수/혁신계수 비율이 과소추정될 가능성이 있으며[21], 월별 데이터에는 반복적 계절성의 가능성이 있으므로 이의 배제를 위하여 분기별 데이터 91개 관측값이 모형에 적용되었다.

<Table 1> Basic Statistics of MOSFET Shipment

Statistics	Shipment Revenue(\$M)	Shipment Quantity(MU)	Average Price(\$)
Minimum	167	170	0.15
Maximum	1,601	9,527	1.03
Average	846	3,859	0.38
STD Dev	417	3,017	0.25
Kurtosis	-1.18	-1.27	-0.61
Skewness	0.03	0.36	0.95

1) 미국의 Siliconix사는 1976년 세계최초로 상용화 양산설비에 서 생산된 MOSFET을 MOSPOWER라는 상품명으로 출시하였으며 유사한 시기에 일본의 Hitachi사도 MOSFET을 상용화하였다[25].

<Table 1>은 1991년 이후 2013년 3분기까지 MOSFET의 출하액, 출하량 및 평균관가에 대한 기초 통계량이다.

분석기간 동안 일부 경기침체 기간을 제외하고 MOSFET의 출하량은 전반적으로 우상향, 평균관가는 우하향의 경향을 보였으며 출하액은 2000년 중반 이후 2008-2009년의 경기침체 기간을 제외하고는 안정추세를 보였다. 본 연구에서는 선행 연구와 같이 물량 데이터를 모형에 적용하여 분석하고자 한다.

2.2 모형의 수립

기본 Bass 모형은 Hazard 함수에서 유도되어 아래와 같이 전개할 수 있다[13, 24, 26].

$$dN(t)/dt = \{p+(q/m)N(t)\} \{m-N(t)\} \quad (1)$$

이 때 N(t)는 t 시점까지 누적 매출 또는 누적구매자 수, m은 잠재시장 규모 또는 잠재고객의 수, 모수 p는 혁신계수로 잠재구매자가 '0' 시점에서 신제품을 구매할 확률을 의미하며 모수 q는 구전효과에 의하여 신제품을 구매하게 되는 모방계수이다.

F(t)를 t시점까지의 누적확률밀도 함수, $F(t) = N(t)/m$ 으로 규정하면 상기 식은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$dF(t)/dt = f(t) = \{p+qF(t)\} \{1-F(t)\} \quad (2)$$

이때 f(t)는 t 시점에서의 구매에 대한 확률밀도 함수가 된다. 만일 $N(t = t_0 = 0) = 0$ 이라면, 미분형태인 식 (1)은 적분과정을 거쳐 시변 확산과정을 표현하는 분포 함수로 변환된다.

$$N(t) = m \{1 - \exp\{-(p+q)t\} / [1 + (q/p)\exp\{-(p+q)t\}] \} \quad (3)$$

모수인 p, q, m은 최소자승법, 최우추정법 그리고 비선형회귀법 등을 이용하여 추정할 수 있는데 본 절에서는 비선형회귀법을 소개하고자 한다. Srinivasan and Mason(1986)은 모수들을 다음의 과정으로 추정하였다.

$$F(t) = [1 - \exp\{-(p+q)t\} / [1 + (q/p)\exp\{-(p+q)t\}] \} \quad (4)$$

$$N(i) = m \{F(t_i) - F(t_{i-1})\} + \mu_i \quad (5)$$

이때 N(i)는 시구간(t_{i-1} , t_i) 사이의 매출이며 μ_i 는 부가 오차항이다.

비선형회귀법에서는 Newton법이나 Gauss-Newton 법으로 오차항의 제곱합을 최소화하는 다음의 목적함수를 이용, Bass 모형에서 모수를 추정할 수 있다.

$$\text{Min } \sum \{N(i) - \hat{N}(i)\}^2 \quad (i = 1, 2, \dots, t) \quad (6)$$

3. 모형 추정결과 분석

기본 Bass 모형인 최소자승법으로 아래 식에서 계수 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 를 추정하고 이를 바탕으로 혁신계수, 모방계수, 잠재시장 규모를 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{MOSFET 출하량} &= pm + (q-p)(\text{MOSFET 누적출하량}) \\ &- (q/m)(\text{MOSFET 누적출하량})^2 = \alpha_1 + \alpha_2(\text{MOSFET} \\ &\text{누적출하량}) + \alpha_3(\text{MOSFET 누적출하량})^2 \quad (7) \end{aligned}$$

상기 식에서 추정된 계수를 바탕으로 도출된 기본 Bass 모형 모수들과 비선형회귀법으로 추정된 모수들을 비교하면 <Table 2>와 같다.

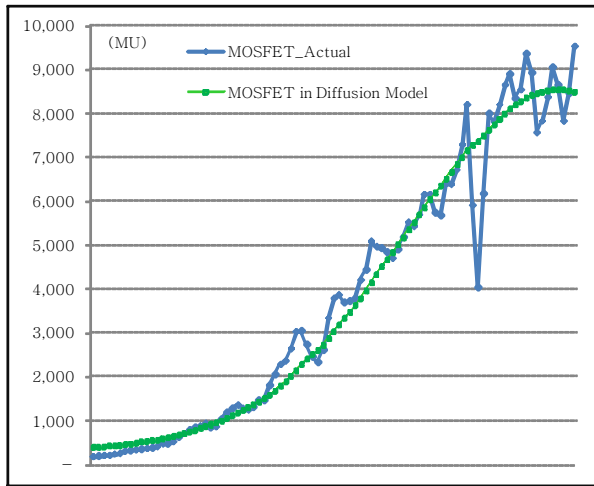
<Table 2> Comparison of Estimated Parameters

	OLS Approach	NLS Approach
α_1 (t-value)	449.062695361 (4.49***)	
α_2 (t-value)	0.050043269 (25.20***)	
α_3 (t-value)	-0.000000077 (-12.01***)	
AR_2 (F-value)	96.39% (1202.59***)	
p, Innovation Coeff.	0.000684505	0.000565854
q, Imitation Coeff.	0.050727774	0.050888971
m, Market Potential	656,040.22 Mu	656,040.22 Mu
Time to Peak	83.75 Qtr	87.44 Qtr
Shipment at Peak	8,545.91 Mu	8,532.95 Mu
Cum.Shipment to Peak	323,593.91 Mu	324,372.73 Mu
Explained Variance	94.85%	96.54%

Note) *** means statistical significant < 1%

비선형회귀법으로 Bass 모형을 추정한 결과, 혁신계수가 약 0.0006 그리고 모방계수가 약 0.05 로 나와 광고 등 외적 영향 그리고 구전효과 등 내적 영향에 흔히 의존하는 소비재나 다른 산업제와 달리 MOSFET는 외부 영향이나 구전효과보다는 시스템의 주요 핵심부품으로서 세트 제작사의 자체적인 검증에 의하여 채택되는 제품임을 짐작하게 한다. 실제로 업계 전문가들을 대상으로 하는 전문잡지를 통한 광고 및 공급사의 홈페이지, 관련 블로그 그리고 전시회를 통한 홍보활동 외 대대적인 광고, 홍보는 전무하다고 하겠다. 확산모형을 통하여 추정된 잠재시장의 규모는 약 656.0 십억 개에 달하며 Peak까지는 최소자승법에서 약 84 분기가 그리고 비선형회귀법에서 약 87분기의 시간이 소요되어 최소자승법에 의한 모

수추정 시 Peak 도달 기간에 대한 과소평가의 가능성을 배제할 수 없다. 87분기의 기간은 대략 2012년 4분기에 해당하며 해당 기간까지의 누적매출은 약 324.4 십억 개에 달한다. 모형설명력(Explained Variance)은 비선형회귀법에서 96.54%로 최소자승법의 94.85% 보다 개선되어, 비선형회귀법이 더 우수한 모형임을 알 수 있다.



[Fig. 1] Actual Shipment & Diffused Quantity of MOSFET

통상 Bass 모형에서는 제품의 채택 이후 Peak까지 걸린 기간 (t^*)의 두 배를 잠재시장 규모에 달하는 기간으로 보고 있다. 즉, 신제품 적용곡선은 Peak에 달하는 기간 t^* 인 87분기를 중심으로 거울 이미지처럼 대칭을 보이게 된다[8, 12]. 이 견해에 따르면 본 연구의 표본에서는 2034년 3분기에 MOSFET 누적출하량이 잠재시장 규모에 달하게 된다. 그러나, 만일 데이터 구득성에 제한이 없어 1991년 이전 데이터가 모형에 적용되었다면 제품수명주기에 해당하는 기간이 변경되었을 가능성을 배제할 수 없다. 과연 그렇다면 MOSFET 누적출하량은 언제 잠재시장 규모에 도달할까? 반도체 기술의 급속한 발달을 감안하여 비교적 최근인 과거 10년, 15년의 분기별 평균출하량을 외삽법으로 확장하면 각각 2024년, 2027년에 잠재시장 규모에 도달할 것으로 짐작된다. 물론 이러한 추측은 고려하는 기간의 길이에 따라 변동의 폭이 큼을 소명한다.

2) $t^* = -\{1/(p+q)\}\{\ln(p/q)\}$ [26]

4. 결론, 시사점 및 연구의 한계

반도체는 이제 컴퓨터와 통신 등 전기전자산업은 물론 자동차와 산업용, 의료용 그리고 최근 회자되고 있는 신재생 에너지까지 활용범위가 광범위하고 이로부터 부가되는 가치 또한 크다. 그 중 MOSFET은 전력반도체 중에서 가장 큰 점유율을 갖고 있으며, 전기전자기구에는 필수적으로 적용되는 스위치이다. 이에 MOSFET의 잠재시장 규모 추정과 제품수명주기 분석을 위한 전제와 과정을 소개하는 것은 시장 관계자는 물론 관련 산업 정책입안자에게도 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

관련자들에게 주는 실용적 시사점을 위하여, 본 연구에서는 선행 연구와 현업에서 가장 널리 사용되었던 최소자승 모수추정 기본 Bass 모형을 개선한 비선형회귀 접근법 확산모형을 활용하여 모수정확도 및 모형의 설명력을 개선하고 MOSFET의 잠재시장 규모를 추정하였다. 그리고 이를 바탕으로 MOSFET의 제품수명주기를 예측해보았다.

데이터 구득성 및 계절성을 감안, 1991년 1분기에서 2013년 3분기까지 91분기의 MOSFET 세계 출하량을 비선형회귀 확산모형으로 분석한 결과 혁신계수 0.0006, 모방계수 0.05로 그리고 656 십억 개의 잠재시장 규모라는 주요 모수를 추정하였다. 한편 모형설명력은 96.54%로 최소자승법의 94.85% 보다 개선되었다. 제품수명주기 상 Peak까지는 약 87분기의 시간이 소요되는데 이는 2012년 4분기에 해당하며 MOSFET은 이제 막 Peak를 지났음을 알 수 있다. 통상 Bass 모형에 따르면 2034년 3분기에 MOSFET 누적출하량은 잠재시장 규모에 달하게 된다. 그러나, 최근 들어 반도체 기술의 급속한 발달을 감안할 때 현재와 같은 형태의 MOSFET은 이보다 훨씬 빠른 2024-2027년에 잠재시장 규모에 도달할 가능성도 배제할 수 없다.

다만 현재로서는 MOSFET의 퇴장보다는 대체기술의 전면적 등장 가능성을 제기하고자 한다. 왜냐하면 역사적으로 MOSFET은 광범위한 응용처에 대해 이미 성능과 그 효율을 검증받았으며 평균평가 역시 지속적으로 하락하고 있어 세트 제조사 입장에서는 검증된 스위치인 MOSFET을 마다할 이유가 없기 때문이다. 다만 한 가지 제기할 가능성은 기반재료의 변경이다. 현재 MOSFET 출하는 거의 대부분 Silicon 단결정에서 생산된 실리콘

웨이퍼를 기반 재료로 하고 있다. 하지만, 최근 들어 기존 실리콘 기반 MOSFET보다 높은 내압전압과 우수한 재료적 특성을 구현하는 SiC(탄화규소), GaN(질화갈륨) 계열의 화합물 MOSFET이 특정 응용처를 목표로 개발, 출시되고 있으며 상대적으로 높은 판가에도 불구하고 수요 또한 급증하는 추세이다. 이들은 물량기준으로 2011-2022년, 37.5 %의 연평균가중성장률이 예상되고 있다 [27]. 하지만 탄화규소, 질화갈륨 기반 MOSFET이 2030년 경 실리콘 기반 MOSFET을 완전히 대체할 수 있는지는 추후 연구에서 확장된 데이터와 정교한 모형으로 분석하고자 한다.

Bass 모형으로 대표되는 확산모형은 표본 데이터의 선택, 관측값의 추가 및 그 주기에 따라 모형의 모수추정치가 안정적이지 못하며 예측력이 떨어진다는 한계점이 있기에 이의 극복을 위한 다양한 시도가 있으며 아직도 진행 중이다. 이에 본 연구는 표본의 특성, 데이터 구득성 그리고 실용적인 입장에서 비선형회귀 확산모형을 채택, MOSFET 시장을 분석해 보았다. 비선형회귀 확산모형에서는 표본의 크기가 작을 경우, 잠재시장 규모와 혁신 계수가 과소평가되고 모방계수가 과대평가되는 편의의 가능성이 약점으로 지점되지만 표본크기인 91분기 데이터는 그런 가능성을 충분히 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 다만 이 모형에서는 시변 모수를 허용하지 않기에 본 연구 또한 이러한 약점에서 자유롭지 못함을 소명한다.

본 연구는 Norton and Bass(1987)의 초기 메모리 반도체에 대한 선도적 연구 이후 국내외적으로 후속 연구가 진행되지 않던 반도체 산업에서 최근 전력사용 절감, 에너지효율과 관련 깊은 전력반도체에 대한 잠재 시장 규모를 추정하고 반도체에 대한 심도있는 이해를 바탕으로 실무적 입장에서 가능성 높은 대체재를 소개한 연구이므로 실용성과 시사성이 있다고 하겠다. 향후의 연구에서는 확산모형의 근본적 한계점들을 극복하기 위해 표본 기간을 확장하고 이를 다양한 주기로 구분하여 모형에 적용한 뒤, 주요 모수의 추정 결과를 상호 비교함으로써 모형의 강건성 보장 여부를 확인하고자 한다. 더불어 확산모형을 이용한 잠재시장 추정이 타 표본에서도 타당성을 보장하는지 그 일반화를 재확인할 필요가 있겠다. 이를 바탕으로 실무적 연구를 계속 진행하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Gene Kim and Kyung-Il Khoe, A Study on Managerial Efficiency of Global IDM Semiconductor Suppliers: Based on Super Efficiency DEA by Scale Categorization, Korean Journal of Business Administration(in Korean), Vol. 25, No. 1, pp. 369-394, 2012.
- [2] Elizabeth Cruz and Matthew Towers, The World Market for Major Home Appliances - 2011, Wellingborough, UK: IMS Research, 2011.
- [3] Semiconductor Industry Blue Book History, Bruckmuehl, Germany and San Jose, California: WSTS Inc., 2013.
- [4] Marijana Vukicevic, Power Management Market Tracker, Englewood, Colorado: iSuppli Corporation, 2011.
- [5] Victoria Fodale, Power Semiconductor Discretes and Modules - World 2013, Englewood, Colorado: IHS Electronics & Media, 2013.
- [6] Everett M. Rogers, The Diffusion of Innovations (5th ed.), New York, NY: The Free Press, 2003.
- [7] Renato Guseo and Mariangela Guidolin, Modelling a Dynamic Market Potential: A Class of Automata Networks for Diffusion of Innovations driven by Riccati Equations, Working Paper of Padua University, pp. 1-23, 2007.
- [8] Vijay Mahajan, Eitan Muller and Frank M. Bass, New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research. Journal of Marketing Vol. 54, No. 1, pp. 1-26, 1990.
- [9] Frank M. Bass, A New Product Growth Model for Consumer Durables, Management Science, Vol. 15, No. 5, pp. 215-227, 1969.
- [10] Frank M. Bass, Trichy V. Krishnan and Dipak C. Jain, Why the Bass Model Fits Without Decision Variables, Marketing Science, Vol. 13, No. 3, pp. 203-223, 1994.
- [11] Vijay Mahajan and Robert A. Peterson, Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population, Management Science, Vol. 24, No. 15,

- pp. 1589-1597, 1978.
- [12] Vijay Mahajan, Eitan Muller and Rajendra K. Srivastava, Determination of Adopter Categories by Using Innovation Diffusion Models, *Journal of Marketing Research*, Vol. 27, No. 1, pp. 37-50, 1990.
- [13] Gerard J. Tellis, A Critical Review of Marketing Research on Diffusion of New Products, in Naresh K. Malhotra (ed.) *Review of Marketing Research*, Vol. 3, pp. 39-80, 2007.
- [14] Douglas J. Tigert and Behrooz Farivar, The Bass New Product Growth Model: A Sensitivity Analysis for a High Technology Product, *Journal of Marketing*, Vol. 45, Fall, pp. 81-90, 1981.
- [15] Trichy V. Krishnan, Frank M. Bass and V. Kumar, Impact of a Late Entrant on the Diffusion of a New Product/Service, *Journal of Marketing Research*, Vol. 37, No. 2, pp. 269-278, 2000.
- [16] Louis P. Bucklin and Sanjit Sengupta. The Co-diffusion of Complementary Innovations: Supermarket Scanners and UPC Symbols, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 148-160, 1993.
- [17] Sachin Gupta, Dipak C. Jain and Mohanbir S. Sawhney, Modeling the Evolution of Markets with Indirect Network Externalities: An Application to Digital Television, *Marketing Science*, Vol. 18, No. 3, pp. 396-416, 1999.
- [18] John A. Norton and Frank M. Bass. 1987. A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-technology Products, *Management Science*, Vol. 33, No. 9, pp. 1068-1086, 1987.
- [19] Zhengrui Jiang and Dipak C. Jain, A Generalized Norton-Bass Model for Multigeneration Diffusion, *INSEAD Working Paper*, pp. 1-19, 2012.
- [20] Peter N. Golder and Gerard J. Tellis. Will It Ever Fly? Modeling the Takeoff of Really New Consumer Durables, *Marketing Science*, Vol. 16, No. 3, pp. 256-270, 1997.
- [21] Christophe Van Den Bulte and Gary L. Lilien, Bias and Systematic Change in the Parameter Estimates of Macro-Level Diffusion Models, *Marketing Science*, Vol. 16, No. 4, pp. 338-353, 1997.
- [23] David Schmittlein and Vijay Mahajan, Maximum Likelihood Estimation for an Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance, *Marketing Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 57-78, 1982.
- [24] V. Srinivasan and Charlotte H. Mason, Nonlinear least Squares Estimation of New Product Diffusion Models, *Marketing Science*, Vol. 5, No. 2, pp. 169-178, 1986.
- [25] Rudy Severns and Jack Armijos, *MOSPOWER Applications Handbook*, Santa Clara, California: Siliconix Inc., 1985.
- [26] Daisuke Satoh, A Discrete Bass Model and Its Parameter Estimation, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 44, No. 1, pp. 1-18, 2001.
- [27] Richard Eden, *The World Market for Silicon Carbide & Gallium Nitride Power Semiconductors - 2013*, Englewood, Colorado: IHS Electronics & Media, 2013.

김 진(Kim, Gene)



- 1994년 2월 : 한양대학교 재료공학과(공학사)
- 2001년 8월 : 서강대학교 경영전문대학원(MBA)
- 2009년 2월 : 서강대학교 경영학과(경영학박사)
- 2002년 4월 ~ 현재 : 페어차일드반도체 전략마케팅 상무
- 관심분야 : 국제금융, 반도체, 전략, 마케팅
- E-Mail : gene.kim@fairchildsemi.com

고 경 일(Khoe, Kyung Il)



- 2003년 2월 : 서강대학교 경영학과(경영학박사)
- 1995년 9월 ~ 2002년 12월 : 서강경영학연구원 병역특례연구원
- 2003년 1월 ~ 2004년 2월 : 삼성경제연구소(SERI) 금융실 연구원
- 2004년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 경상학부 교수
- 관심분야 : 국제금융, IT용자 성과분석, 정책금융, 시장분석
- E-Mail : kyungil@bu.ac.kr