

# Are You Ready for the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution?

2020. 9. 29 (화)

**meritz** Strategy Daily

## 전략 공감 2.0

### Strategy Idea

기술 '버블'은 없다. 주가 과열이 있을 뿐

### 오늘의 차트

신흥국 간 CDS 차별화의 시사점

### 칼럼의 재해석

신소재, 트랜지스터의 규모를 축소시키다

본 조사분석자료는 제3자에게 사전 제공된 사실이 없습니다. 당사는 자료작성일 현재 본 조사분석자료에 언급된 종목의 지분을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.

본 자료를 작성한 애널리스트는 자료작성일 현재 해당 종목과 재산적 이해관계가 없습니다.

본 자료에 게재된 내용은 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 신의 성실하게 작성되었음을 확인합니다.

본 자료는 투자자들의 투자판단에 참고가 되는 정보제공을 목적으로 배포되는 자료입니다. 본 자료에 수록된 내용은 당사 리서치센터의 추정치로서 오차가 발생할 수 있으며 정확성이나 완벽성은 보장하지 않습니다. 본 자료를 이용하시는 분은 본 자료와 관련한 투자의 최종 결정은 자신의 판단으로 하시기 바랍니다. 따라서 어떠한 경우에도 본 자료는 투자 결과와 관련한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다. 본 조사분석자료는 당사 고객에 한하여 배포되는 자료로 당사의 허락 없이 복사, 대여, 배포 될 수 없습니다.

# Strategy Idea



▲ 투자전략  
Analyst 이진우  
02. 6454-4890  
jinwoo.lee@meritz.co.kr

## 기술 ‘버블’은 없다. 주가 과열이 있을 뿐

- ✓ 기술혁명기 속 변동성이란? 아마라의 법칙(Amara's Law)을 기억할 필요
- ✓ 고민: 1) 기술의 '버블'인가, 주가의 '버블'인가, 2) 기술의 'First Mover' 효과는 존재하나
- ✓ 연휴 기간 주요 변수는? 미국 대선 토론회(1차)

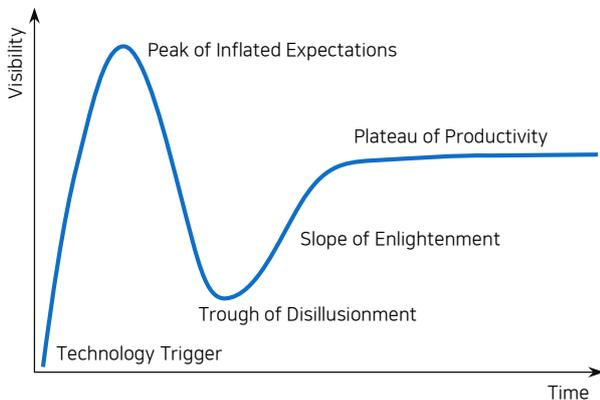
### 기술혁명기 속 변동성: 아마라의 법칙(Amara's Law)

#### 기술주 변동성 확대의 배경

주가 변동성이 커지면 이유(원인)를 찾기 마련이다. 이유가 명확하지 않다면 불안 심리는 증폭된다. 우리가 인지하지 못했던 악재가 내재되어 있을지 모른다는 심리가 투영되기 때문이다. '추세'에 대한 불안감이기도 하다. 현재보다는 미래의 기대감을 앞서 반영해 나가는 것이 주가의 속성이지만, '기술(Technology)'에 기대가 더해지는 국면에서는 기대감도 실망감도 배가 된다. 요즘 시장이 꼭 그렇다. 강한 상승 뒤에 찾아온 가파른 주가 하락이 생소하기만 하다. 어떻게 봐야 할까?

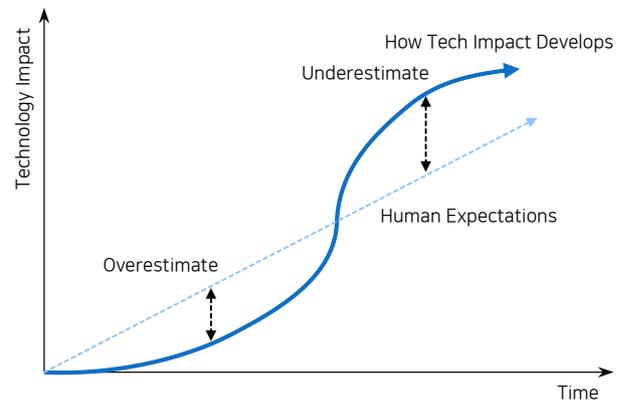
기술혁명의 사이클을 설명할 때 자주 언급했던 이야기 중 하나는 '아마라의 법칙(Amara's Law)'이다. 미국 과학자 Roy Amara가 주장한 내용으로 "우리는 단기적으로 기술에 대한 효과를 과대평가하고, 장기적으로는 그 효과를 과소평가하는

그림1 Amara's Law: 기술혁명 초기는 과대평가, 이후는 반대



자료: Gartner, 메리츠증권 리서치센터

그림2 주가 반응도 유사. 기술 도입 과대평가, 후반 과소평가



자료: Gartner, 메리츠증권 리서치센터

기술에 대한 '기대치'가 다름에서 나오는 오류

경향이 있다"는 내용이다. 새로운 기술일수록 초입국면에서 기술 발전은 완만하게 진행되지만 시장이 너무 앞서 평가하고, 반대로 정작 기술이 우리의 생활에 크게 영향을 미치고 있는 때는 과소평가 한다는 의미이다. 기술은 꾸준히 발전 중이지만 사람의 기대치가 다름에서 나타나는 오류이다. 1990년대 중후반 새로운 기술인 '인터넷'에 대해 느낀 감정이 지금과는 매우 다른 것처럼 말이다.

주식시장에 기술혁명 시기에 과열과 버블이 발생하는 이유도 여기에 있다. 또 실제 기술의 수준과 시장의 기대치와의 간극이 클수록 그에 따른 반작용은 크기도 하다. 중요한 것은 기술의 방향성이고, 주식시장이 국면국면 기대치를 조절하는 것이 자연스러운 현상이다.

1990년대 인터넷 혁명부터...

1990년대의 인터넷 혁명을 보자. IT버블 초기에는 새로운 기술혁명에 대한 기대감이 곳곳에 투영됐지만, IT버블 붕괴 이후에는 인터넷 기술에 대한 실망은 경제학자들의 생각마저 회의적으로 바꿨다. 노벨 경제학상 수상자인 폴 크루그먼(Paul Krugman)은 당시의 인터넷 기술 혁명을 이렇게 정리했다.

"2005년경에는 인터넷이 경제에 미치는 영향이 팩스보다 크지 않다는 것이 분명해지고, 기술 변화 속도가 느려지면서 10년 후에는 'Information Economy' 라는 말은 바보처럼 들릴 것"이라고 말이다. 그런데 지금은 IT혁신이 세상을 바꿔놓고 있다

1970~1980년대 PC 혁명도 마찬가지. 판단의 오류가 반복

PC(Personal Computer)가 등장했던 1970~1980년대도 마찬가지다. 정보 기술의 급속한 발전이 있었지만 '생산성'은 둔화됐다. 이를 두고 경제학자 Robert Solow 당시의 상황을 이렇게 묘사한다.

"우리는 곳곳에서 컴퓨터의 시대를 목격하고 있지만 생산성 통계에서는 찾아볼 수 없다". 하지만 생산성 향상 통계는 결국 시차를 두고 나타났다. 이 또한 시차의 문제였다.

투자자의 입장에서 기술의 (변화) 속도를 예상하는 것은 불가능하다. 오관(과대/과소 추정)할 가능성이 높기 때문이다. 문제는 기술혁명에 대한 기대감이 실망감으로 바뀔 때이다. 주식시장에서는 거친 조정으로 표출된다. 그 간극이 클 경우 기술혁명 자체에 대한 부정이 투영되기도 한다. 실망감의 트리거는 '성장의 궤적'이 바뀔지 모른다는 두려움이 대표적이다. 기대와 달리 해당 기업의 매출성장이 나오지 않거나, 마진이 둔화되는 경우 말이다.

하지만 결과적으로 PC와 인터넷의 시대는 구현됐고 실물 경제의 한 축으로 자리 잡은 지 오래다. 그 과정 속에서 변한 것은 주가이자 시장의 심리였을 뿐이다. 우리가 기술혁명 초기의 낙관을 조심하고, 이후 찾아오는 회의론은 경계해야 하는 이유다.

### 기술의 '버블'인가, 주가의 '버블'인가?

주가 '버블'의 기준은 무엇인가. 논란을 잠재운 것은 결국 무엇이었나?

요즘 기술주 및 성장주를 보는 관점도 마찬가지이다. 급격한 주가 변동성이 확대되는 배경이 명쾌하지 않은 이유는 '현실과 기대치와의 괴리'에서 파생된 불안감이라 본다. 기술에 대한 과도한 기대감이 주가에 형성되어 있었다면 그 간극을 조율하는 과정이라고 본다. 자연스러운 수순이다.

우리는 2000년초 닷컴 기업, IT기업들을 버블이라 이야기하지만 그로부터 4년 뒤 유사한 수준으로 주가가 복원되었을 때는 버블이라 부르지 않는다. 왜 그럴까?

두 가지 이유라 생각한다. 첫째, IT버블 붕괴 이후 허상으로 여겨졌던 '인터넷'이 결국 우리 생활에 큰 영향을 미쳤고, 많은 사람들이 그 기술(?)에 익숙해졌기에 새로운 기술이라 느껴지지 않았을 수 있다. 둘째, 결국에는 '인터넷' 관련 기업들이 시간이 지난 뒤 이를 기반으로 이익을 창출하기 시작했기 때문이다.

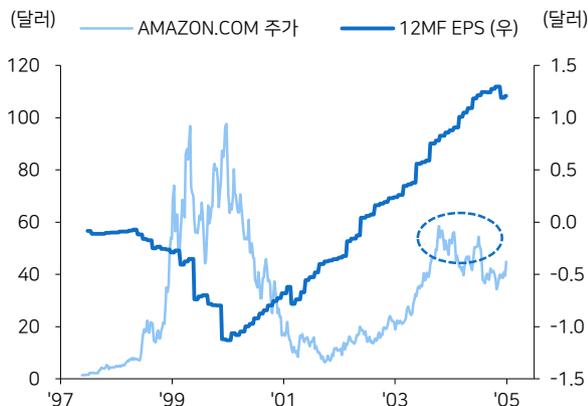
아마존, 애플의 사례

미국의 Big Tech 기업으로 등극한 지금의 아마존, 애플을 예로 들어보자. 이들 기업 모두 2000년 IT 버블 붕괴에서 자유롭지 못했다. 아마존의 경우 2000년초 100달러에 이르던 주가가 2001년 10달러로 아래로 급락했고, 같은 시기 애플 주가는 4달러에서 1달러 미만으로 하락했다. 닷컴 기업, IT 기업에 대한 '실망'이 패닉에 가까울 정도로 투영된 시기였다.

주목할 점은 2003~2004년의 흐름이다. IT버블 붕괴의 상흔이 온전히 가시지 않았지만 주가는 IT버블 당시의 고점 수준까지 빠르게 회복했다. 기술혁명의 성과(기업실적)를 확인하면서부터다. 기술혁명을 과소평가한 아마라의 법칙(Amara's Law)이 다시 적용된 사례다.

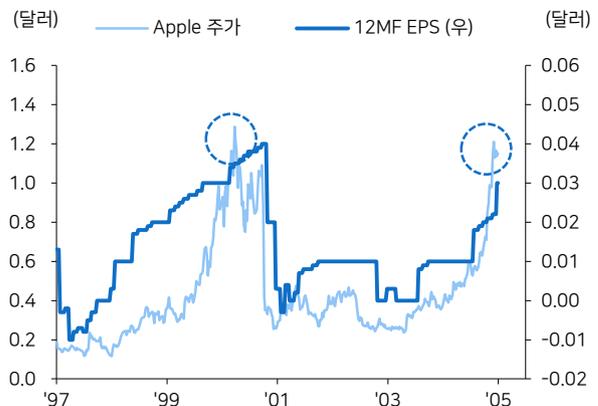
2000년 IT버블은 기술의 버블이었을까? 주가의 버블이었을까? 그리고 버블을 구분 짓는 진짜 기준은 무엇이었는가? IT버블은 기술이 아닌 주가의 과열이고, 버블 논란을 잠재운 것은 결국 기업이익, 강한 'Cash' 창출력이었다.

그림3 '00년 vs. '04년: 아마존은 무엇이 달라졌나?



자료: Refinitiv, 메리츠증권 리서치센터

그림4 유사한 이익, 주가레벨로 회복한 애플, 버블인가?



자료: Refinitiv, 메리츠증권 리서치센터

지금의 성장주도 과거 기술혁명의 사이클과 본질은 유사할 수 있다. 기술을 중심으로 주가가 과대, 과소평가되는 흐름이 반복적으로 나타날 수 있다는 얘기다. 그 간극이 큰 기업일수록(실적 개선이 진행되지 못하는 기업) 높은 변동성에서 자유롭기 어렵다.

**‘돈 버는 성장주’가 결국 핵심**

그렇다면 대안은 무엇인가? ‘돈 버는 기술주’에 집중하는 것이 효과적이다. IT버블 붕괴 당시 아마존이 살아남아 지금의 승자가 된 이유는 ‘가장 혁신적인 기업’이라서가 아니라 상대적으로 많은 ‘현금흐름’ 때문이었다.

**First Mover ≠ Winner**

**기술의 First Mover의 효과는?**

기술혁명에 있어 우리가 한 가지 더 기억해야 할 사실은 ‘First Mover(초기 시장 진입자)’가 Winner가 아닐 수 있다는 점이다. 새로운 기술을 선점, 주도하고 있다고 할지라도 궁극적인 승자가 되는 것은 별개의 문제일 수 있다. Marvin B. Lieberman(2005)은 IT버블 당시 각 신산업 부문에 진출한 206개 기업 대상으로 점검해 본 결과, ‘First Mover’의 효과는 크지 않았다고 분석한다. IT버블 당시 First Mover였고 지금까지 사업을 영위해온 기업은 몇 개나 될까?

**표1 IT버블 당시 First-Mover 기업 리스트**

사업 영역	기업 수	First-Mover(s)	사업 영역	기업 수	First-Mover(s)
광고/마케팅	6	DoubleClick Inc	B2C	2	FogDog
B2B	6	FreeMarkets / Vertical Net	B2C	3	Etoys/ Smarterkids.com
소비자 경매	4	Ebay	헬스케어	2	drugstore.com
부동산	3	Homestore.com / HomeSeekers	헬스케어	2	Mothernature.com
티켓	2	Ticketmaster	B2B	2	Ariba
구직	7	Dice / TMP Worldwide	소프트웨어	9	Allaire / Broadvision / OpenMkt
자동차	2	Autoweb	소프트웨어	7	Kana / Delano
금융서비스	2	Quotesmith.com Inc	소프트웨어	5	WebTrends Corporation
금융서비스	4	E-Loan Inc	소프트웨어	6	NEON / See Beyond
금융서비스	7	E*Trade / Schwab	소프트웨어	2	Spyglass Inc
여행	6	Expedia / Hotel Res. Network	인터넷 인프라	4	Digital Island / Sandpiper
여성 네트워크	2	Women.com Networks	인터넷 서비스	2	Network Solutions (Verisign)
헬스케어	3	HealthGate Data Corp	인터넷 서비스	5	CommTouch / Software.com
포털	3	China.com Corp	인터넷 서비스	4	Exodus
포털	6	Yahoo	인터넷 서비스	7	NetSpeak / Net2Phone
포털	4	StarMedia	광고/마케팅	10	Netcentives / Promotions.com
금융서비스	3	Multex.com Inc	광고/마케팅	3	Media Metrix
음악	6	ARTISTdirect Inc	컨설팅 서비스	23	CTP/Sapient/Lante/Organic
B2C	3	Amazon	E-러닝	6	Digitalthink Inc
B2C	5	Value America Inc	금융서비스	3	Digital Insight Corp
B2C	2	1-800-Flowers.com	헬스케어	2	Allscripts
B2C	4	Peapod	인터넷 서비스	2	Juno Online Services
B2C	3	Fashionmall.com	인터넷 우편	2	Stamps.com Inc

자료: Marvin B. Lieberman(2005), 메리츠증권 리서치센터

First Mover ≠ Winner  
효과는 미미

Ebay, E\*Trade, Expedia, Yahoo 정도만이 지금껏 명색을 유지하고 있고, 대부분의 기업들의 파산 또는 흡수합병의 형태로 사라졌다. 이 중 압도적인 강자로 성장한 기업은 '아마존(Amazon)'이 유일하다.

주식투자 측면에서 우리에게 주는 시사점은 무엇일까? 기술의 변화가 많다는 것은 그만큼 기회도 많다는 이야기이지만 장기적으로 모두가 Winner가 될 수는 없다는 것이다. 기술혁명기에는 기업에 대한 선택과 집중도 필요하다는 의미다.

- 1) '현금흐름'을 창출하고,
- 2) '독점적' 산업 지배력을 가진 성장주가 매력적

필자가 보는 기술주(성장주)의 고르는 선택의 기준은 단순하다. 1) 단순 매출 고 성장이 아닌 '현금흐름'의 창출하고 있는 기업일 것, 2) 해당 성장 산업에서 독점적인 지위(ex. 기술력 / 자금력)를 가진 기업일 것이다. 아이디어가 좋은 기업이라 할지라도 현금흐름을 창출하지 못한다면 사업의 영속성이 높지 않고, 독점적인 영향력이 없다면 산업의 주도권을 빼앗길 가능성이 크기 때문이다.

지금 시장은 막연한 낙관보다는 '성장주' 내 차별화 흐름도 염두에 두어야 할 시점으로 본다.

**국내 주식시장의 Break time, 연휴 기간 주요 변수는?**

연휴 기간 변수: 대선 토론회

연휴 기간 국내 주식시장은 이벤트 영향권에 놓이게 된다. 대표적인 변수는 미국 대선후보 토론 일정이다. 현지시간 오는 9월 29일 시작으로 대선(11.3)이전까지 총 3차례(10.7 부통령 후보 토론회 제외)에 걸쳐 진행되고, 시장 참가자들은 이들 후보 간의 우위 여부뿐만 아니라 정책의 결을 확인하고자 할 가능성이 높다.

1차 토론의 주제는 총 6가지다. 1) 각 후보들의 성과 및 이력, 2) 대법관 후임 임명 관련, 3) COVID19, 4) 경제, 5) 인종문제, 6) 선거의 공정성(무결성)으로 이중 주식시장 측면에서는 각 후보의 '경제 및 대외정책' 기조에 관심이 집중될 것으로 본다. 중국과의 기술분쟁 그리고 반독점에 대한 시각이 핵심일 듯하다.

날짜 (현지시간)	이벤트	시간
9월 29일	미 대선후보 1차 토론	21:00 ~ 22:30 ET. 한국 시간으로는 익일 10:00 ~ 11:30
10월 7일	부통령 후보 토론회	
10월 15일	미 대선후보 2차 토론	
10월 22일	미 대선후보 3차 토론	
11월 3일	대통령 선거일	

자료: The New York Times, 메리츠증권 리서치센터

주제	관련 내용
트럼프와 바이든 이력	트럼프: 대통령 (2017~) 바이든: 상원의원 (1973~2009) 부통령 (2009~2017)
연방 대법원	긴즈버그 전 대법관 후임 임명 관련 양당 간 갈등
코로나19	방역 사령탑으로서 트럼프 대통령의 역량 평가 등
경제	Coivd-19발 경기침체 극복 문제
인종문제와 폭력시위	조지플로이드 사망 시위, 흑인의 경찰 총격 사건
선거의 무결성	우편투표 관련 선거 조작 이슈

자료: The Commission on Presidential Debates, 메리츠증권 리서치센터

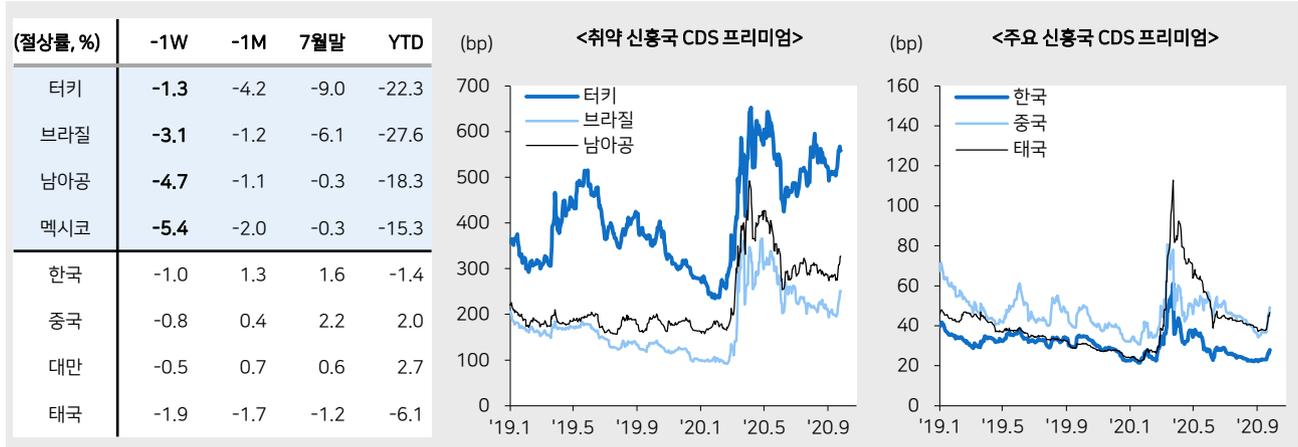
표4 트럼프 vs. 바이든의 정책 공약 비교		
	트럼프	바이든
공급망	<ul style="list-style-type: none"> <li>반덤핑, 상계관세 조사 지속</li> <li>CoVID-19 책임론 중국에게 부과</li> <li>중국에 대한 경제 의존도 낮추거나, 완전히 끊을 것</li> <li>NAFTA 재협상 USMCA로 대체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중국, 러시아에 대한 수입규제</li> <li>에너지, 반도체, 전기전자, 통신인프라, 원자재 등 다양한 부문에서 경쟁력 있는 미국 내 공급망 구축</li> <li>국내생산 보조금, 전략적 재고 확충, 경쟁쟁적 행위 봉쇄 활용</li> <li>중국, 러시아에 대한 의존도 동맹과 연계하며 극복</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>5G 가속화 계획, 5G 산업 주도권 투자 펀드 조성</li> <li>사회간접자본 재건</li> <li>망 중립성 폐기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대중교통 시스템 확대, 고속 철도망 구축 등</li> <li>전국 고속 인터넷 망 구축, 정보 격차 해소</li> <li>망 중립성 지지</li> </ul>
반독점	<ul style="list-style-type: none"> <li>통신 품위법 230조 반대</li> <li>빅테크 기업 독점금지 조사 실시</li> <li>기업 M&amp;A 활성화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통신 품위법 230조 반대</li> <li>빅테크 기업 규제 관련 TF 구성</li> <li>엄격한 독점금지 감시 및 온라인 개인정보보호규정 마련</li> </ul>
세금	<ul style="list-style-type: none"> <li>법인세율 21%로 인하(2016년 대선기간 15% 공약)</li> <li>중소기업 세금 혜택 확대</li> <li>양도소득세율 15%~18.8% 내로 인하</li> <li>정부부채 발행으로 자금 조달</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>법인세 28%로 인상</li> <li>장부상 1억달러 이상 기업에 Minimum tax 신설</li> <li>외국 자회사 GILTI 세율을 21%로 두배 인상</li> <li>40만달러 이상 고용주, 근로자에 12.4%의 사회보장 세금 적용</li> <li>양도소득세 최고 세율 39.6%로 인상</li> </ul>
기후변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화는 화석연료 때문이 아니라고 주장</li> <li>자동차 연비기준 완화 등 친 탄소정책</li> <li>메탄규제 폐지(Roll-back)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>배터리, 에너지 저장 기술 등 차세대 에너지 기반 구축 노력</li> <li>2035년 탄소 배출 제로</li> <li>파리기후협약 재가입</li> </ul>

자료: 주요 언론, 메리츠증권 리서치센터

※ 다음 전략공감에서는 Story stock ≡ Bubble (2)이라는 주제로, 국내외 Story Stock들의 가치평가 기준의 힌트를 제시해 보고자 합니다.

**오늘의 차트** 황수욱 연구원

**신흥국 간 CDS 차별화의 시사점**



주: 신흥국 통화 달러대비 절상률은 9월 25일 종가 기준  
 자료: Bloomberg, Refinitiv, 메리츠증권 리서치센터

**달러 강세에 일부 취약 신흥국의 통화가치 절하가 두드러짐**

지난주 유로화 약세에 의한 달러 강세가 두드러지면서, 신흥국 통화들의 약세를 수반했다. 25일 달러 인덱스는 94.6을 기록하며 전주대비 1.9% 상승했다. 같은 날 신흥국 통화가치의 평균 가치를 나타내는 JPM 신흥국 통화지수는 54.2를 기록하며 전주대비 2.5% 하락했다. 특히 터키(-1.3%), 브라질(-3.1%), 남아공(-4.7%) 등 취약 신흥국의 통화 가치 절하폭이 상대적으로 두드러졌다.

**일부 취약 신흥국의 CDS 프리미엄 상승폭 확대**

이들 신흥국의 통화가치 절하는 해당 국가들의 취약성 부각과 궤를 같이 한다. 9월 넷째주 터키의 CDS 프리미엄은 전주대비 36bp, 브라질은 50bp, 남아공은 52bp 상승했다. 9월 둘째주와 셋째주에 세 국가의 CDS 프리미엄이 평균적으로 5bp, 2bp 오른 것을 감안할 때 지난주 상승폭은 매우 큰 것이다.

**취약 신흥국의 리스크가 재부각된 이유는 1) 경상수지 적자 확대, 2) 외채 상환부담 가중 위험 때문**

취약 신흥국 위험 부상은 달러 강세가 각각 1) 경상수지 적자 확대 및 2) 과잉 외채 위험으로 파급되었기 때문이다. 브라질 등 원자재를 주요 수출품목으로 하는 신흥국은 달러 가치가 상승하면 달러 표시 원자재 가격이 하락하기 때문에 경상수지 적자 확대 위험에 노출된다. 또한, 터키, 남아공 등 외화표시 부채 부담이 큰 국가들은 자국 통화 가치가 하락하면 외채 상환에 어려움을 겪는 문제가 발생한다.

**취약 신흥국보다는 경상흑자국 중심의 투자 확대 개연성**

그러나 이는 개별국 이슈에 머무를 가능성이 높고, 전이되더라도 경상적자국만의 문제일 것으로 보인다. 경상흑자 국가인 한국과 중국, 태국의 CDS 프리미엄은 지난주에도 각각 5bp, 12bp, 9bp 상승하는데 그쳤으며 절대 수준도 50bp를 하회한다. 또한 이들 국가 통화의 달러대비 통화가치 절하폭도 전주대비 1% 이내에 그치며 전염 가능성이 낮음을 보여주었다(한국 -1.0%, 중국 -0.8%). 약간의 강달러 현상만으로도 CDS 프리미엄이 급등하고 통화가치가 급격히 절하되는 신흥국은 매력적인 투자처와는 거리가 있다. 글로벌 투자자가 신흥국 투자를 늘리더라도 대상을 경상흑자국에 집중시킬 개연성이 여전히 높은 것으로 판단한다.

**칼럼의 재해석** 김선우 연구위원

**신소재, 트랜지스터의 규모를 축소시키다 (The Economist)**

현재의 기술에선 실리콘 칩에 만들어지는 가장 작은 부품 (트랜지스터 및 다이오드)은 약 7 nm (십억분의 1미터)이다. 그 크기는 대략 적혈구 직경의 천분의 일정도의 작은 크기이다. 하지만 이러한 미세화 기술이 고도화 될수록 문제는 커지고 있다. 집적회로가 작아짐에 따라 전자가 회로 사이에서 누전되기 시작하여 회로의 간섭이 생기고 운영이 불안정해진다. 이러한 누전 문제의 해결책은 집적회로 회선간의 절연에 있다. 그리고 삼성전자와 캠브리지 대학 연구진이 최적의 절연체인 비정질 질화붕소(thin-film amorphous boron nitride, a-BN)을 개발했다.

2004년 처음 그래핀을 발견한 후 반도체 기술에 그래핀을 적용시키기 위한 끊임없는 연구 개발이 이루어졌다. 그래핀은 전기가 잘 통하고, 전자의 이동이 빠르며 강도는 높고 열 전도성이 좋아 미래의 신소재로 주목 받았다. 그래핀을 연구하던 중 그래핀과 분자구조는 같지만 질소와 붕소로 이루어진 화이트 그래핀을 발견하고 차세대 반도체 신소재로 사용하려 했다. 하지만 화이트 그래핀은 밴드 갭이 존재하지 않아 반도체 소재로는 사용이 불가능 했다. 반도체에는 아주 적당한 밴드 갭이 존재해야 도체와 부도체의 성질을 조건에 따라 가질 수 있지만 화이트 그래핀은 밴드 갭이 아예 존재하지 않아 반도체 소재로 사용이 불가능한 것이다. 이에 삼성전자 종합기술원과 울산과학기술원, 그리고 영국 캠브리지 대학에서 화이트 그래핀의 파생 소재인 비정질 질화붕소를 발견했다. 비정질 질화붕소는 탄소만으로 이루어진 그래핀과는 다르게 질소와 붕소로 이루어져 있고 화이트 그래핀과는 다르게 분자구조가 정형화 되어 있지 않아 반도체에 알맞은 성질을 갖고 있다.

비정질 질화붕소는 CVD 기법으로 반도체에 입혀진다. 일반적으로 2차원 소재는 CVD기법을 적용할 때 700°C 이상의 환경에서만 입혀지지만 비정질 질화붕소는 400°C의 환경에서도 반도체에 입혀지는 특징을 갖고 있어 반도체 공정에 적용시키기 위한 대규모 장비 투자가 필요하지 않다.

**더 작고, 더 빠르게. 삼성전자 ‘미래 반도체’ 앞당긴다**

“The number of transistors and resistors on a chip doubles every 24 months.”  
반도체 집적회로의 성능은 24개월마다 2배로 증가한다.

- Gordon Moore(고든 무어)

비정질 질화붕소(a-BN)은 회로간의 거리가 짧아 생기는 누전을 차단해 주는 아주 얇은 절연체 역할

삼성전자 종합기술원과 울산과학기술원이 절연체 역할의 신소재인 ‘비정질 질화붕소(Amorphous Boron Nitride, a-BN)’을 발견했다. 반도체의 크기는 미세해지고, 회로는 복잡해 지며, 용량은 늘어나고, 효율은 좋아지고 있다. 하지만 무어의 법칙은 아무런 제약 없이 스스로 이루어지는 것이 아니다. 반도체 집적회로의 성능이 제한된 조건하에 기하급수적으로 증가하기 위해선 다양한 문제를 해결해야 한다. 그 중 가장 고질적인 문제는 미세선폭 사용 시 누설전류의 발생으로 정보의 저장 이 원활하지 않다는 점이다. 즉, 회로 간의 거리가 너무 가까워 누전이 발생한다. 이러한 전기적 간섭을 차단해 주기 위해 반도체 업체들은 정기장에 반응하는 민감도가 낮은 절연체를 전자 이동경로 사이에 삽입한다. 그러나 이런 절연체를 삽입해도 최근 나노미터 단위의 반도체 공정에서는 소자가 작아져서 내부 전기 간섭이 현상이 심하게 일어난다. 이러한 문제를 해결해줄 신소재가 바로 비정질 질화붕소이다. 비정질 질화붕소는 기존 소재보다 전기 간섭을 약 30% 줄일 수 있어 반도체 개발에 큰 변화를 가져다 줄 것으로 예상된다.

현재 반도체 공정에 사용되는 절연체인 다공성 유기규산염은 유전율( $k$ )이 2.5를 넘지만 비정질 질화붕소는 1.78의 유전율을 보이며 압도적인 효율성을 자랑한다. 미국의 반도체산업협회인 IRDS(International Roadmap for Devices and Systems)가 2028년 까지  $k$ 가 2보다 낮은 소재의 유전체 발견을 목표로한다는 발표 내용을 비추어 보아 비정질 질화붕소의 발견은 반도체 산업 기술의 초 격차를 보여줄 것으로 전망한다. 비정질 질화붕소는 낮은  $k$  뿐만 아니라 3nm의 매우 얇은 두께와 2D소재로 잘 휘어지면서도 단단하다. 마지막으로 가장 중요한 저온(400°C) 환경에서 소재가 대면적으로 반도체 기판 위에서 성장이 가능하다는 점도 입증했다.

**표1 유전 물질들 중 낮은 유전 상수를 보이는 비정질 질화붕소 (a-BN)**

소재	Dielectric constant (유전 상수)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
SiO <sub>2</sub>	4	2.2
FSG (Fluorinated silicon glass)	3.5~3.8	2.2
OSG (organosilicate glass or carbon-doped silicon glass)	2.8~3.2	1.8~1.2
HSQ	~3.0	
Black Diamond (SiCOH)	2.7~3.3	<2.26
SILK	2.65	
BCN (boron carbon nitride)	3.7~4.6	
h-BN	3.29~3.76	2.1
a-BN	1.16~1.78	2.1~2.3

자료: Nature, 메리츠증권 리서치센터

### 기술의 초 격차 시대

메모리 반도체 시장에서 EUV 공정 도입으로 DRAM 미세화 진행 중

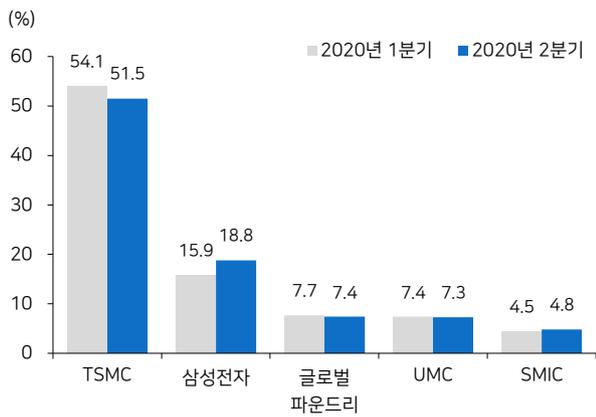
삼성전자는 메모리 반도체 업체 중 유일하게 DRAM에 EUV (극자외선노광장치)를 공정에 적용하는 양산 체제를 구축했다. 특히, 지난 2분기 실적 발표 컨퍼런스에서 4세대 1a DRAM(DDR5, LPDDR5)를 양산해 경쟁 업체들인 SK하이닉스와 마이크론과의 격차를 벌리려는 전략을 세웠다. 이로써 삼성전자는 차세대 DRAM 제품으로 반도체 미세공정의 한계 돌파를 준비하고 있다.

EUV의 초미세화 공정은 주로 파운드리 등 시스템 반도체 업체들이 ASML로부터 장비를 공급받아 10나노 미만의 극미세 공정을 구현할 때 사용한다. EUV를 시스템 반도체에만 주로 사용하는 이유는 메모리 반도체의 경우 기술적으로 셀 공간이 줄어들면서 발생하는 간섭현상으로 미세화가 어렵기 때문이다. 삼성전자는 SK하이닉스와 마이크론과는 다르게 메모리 반도체 사업뿐만 아니라 파운드리 사업도 영위하고 있어, 시스템 반도체 EUV 기계를 메모리 반도체에도 적용 가능하다. 이에 SK하이닉스는 미세화 경쟁에 뛰어들어 신규 이천캠퍼스 M16 랩에 EUV를 도입 준비 중이라고 밝혔다.

시스템 반도체 시장에서도 삼성전자와 TSMC의 파운드리 점유율 1위를 놓고 반도체 미세화 경쟁 중

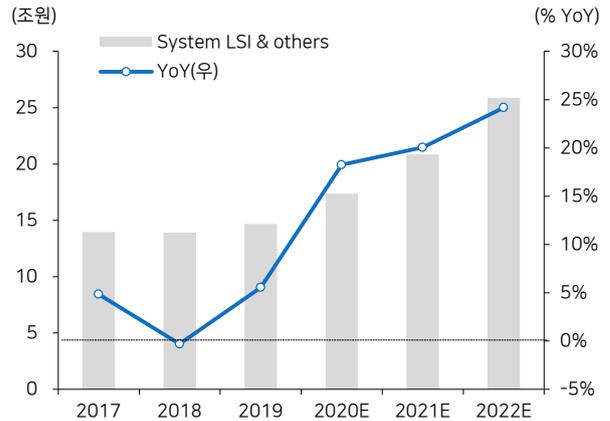
삼성전자의 파운드리 사업의 경우 '비전 2030'을 발표한 이후 파운드리 1위 업체인 TSMC와 미세 공정 경쟁을 벌이고 있다. 현재 7나노 시스템 반도체를 생산할 기술이 있는 기업은 TSMC와 삼성전자가 유일하고 삼성전자는 7나노 EUV 시스템 반도체에 3차원 적층 패키징인 'X-Cube(extended-Cube)'를 적용한 테스트 칩을 바탕으로 5나노 공정 칩 개발을 준비 중이다, 삼성전자의 공격적인 연구개발과 시설투자에 1위 TSMC는 5나노, 3나노를 넘어 2나노 공정을 위해 대만 중부 공장 부지 확장을 준비하고 있다.

그림1 삼성전자 파운드리 시장점유율 상승



자료: TrendForce, 메리츠증권 리서치센터

그림2 삼성전자의 시스템 반도체 사업부문 매출 동향 및 추이



자료: 메리츠증권 리서치센터

삼성전자는 메모리 반도체와 시스템 반도체 모두 본격 미세화 공정 경쟁에 진입했다. 메모리 반도체 산업에서는 1위 자리를 지켜내며 2, 3위 업체들과의 격차를 벌이고 파운드리 산업에서는 1위 업체인 TSMC 추격하기 위해선 더 작고 효율적인 반도체를 생산하는 것이 중요하다.

**양산화가 관건**

절연체로는 독보적인 성능을 보이지만 대량 양산을 위해선 기술 개발이 필요

비정질 질화붕소의 개발은 미래 반도체 산업의 판도를 바꿀 큰 변화의 시작으로 생각된다. 하지만 비정질 질화붕소를 양산 적용하기엔 아직 추가적인 연구와 개발이 필요하다. 처음 그래핀이 '꿈의 신소재'로 발견되었을 당시에 2004년으로 지금으로부터 16년이 흘렀지만 비용과 품질 문제 때문에 아직도 고품질의 산업용 그래핀을 대량생산할 수 있는 기술이 갖추어지지 않았다. 비정질 질화붕소도 그래핀과 같이 양산화가 오래 걸릴지는 알 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 삼성전자는 끊임없는 연구개발 투자를 진행해 왔다. 지난 2014년도에는 반도체 웨이퍼 위에서는 성장할 수 없었던 기존 한계를 해결해 세계 최초로 웨이퍼 위 순수한 그래핀층을 형성, 대량생산 원천기술을 개발했다는 점을 미루어 보아 삼성전자는 그래핀에 대한 연구를 꾸준히 진행 중이고 이를 통해 비정질 질화붕소의 양산화는 멀지 않는 미래의 기술이라고 생각한다.

### 비정질 질화붕소로 주목받을 기업들

비정질 질화붕소의 양산화로 가장 먼저 주목받을 기업은 삼성전자다. 메모리 반도체를 넘어 시스템 반도체에 고질적인 누전 문제를 해결해 peer 기업들보다 작고 우수한 성능의 반도체 제품을 생산할 것으로 판단한다. 물론 장기적 관점이라는 전제가 붙는다.

삼성전자 다음으로 비정질 질화붕소로 주목 받을 기업은 전공정 장비 업체들이다. 비정질 질화붕소는 CVD공법으로 반도체 위에 얇게 입혀야 하는 작업이 필요함으로 전공정 CVD 업체인 유니테크, 원익IPS, 테스, 그리고 주성엔지니어링이 주목 받을 것으로 판단한다.

원문: *A new material helps transistors become vanishingly small (The Economist)*