

Text Mining Studioを用いた英語論文の分析事例のご紹介
～テキストマイニングで技術開発の「顔」を描く～

Tech **Trend** Analysis

有門経敏

2017年6月29日

於（株）NTTデータ数理システム

目 次

1. はじめに
 - 技術開発戦略立案時の悩み
2. 論文件数の推移から技術の「年齢」を知る
3. テキストマイニングで技術開発の「顔」を描く
4. おわりに
 - 過去の技術開発を分析する意味

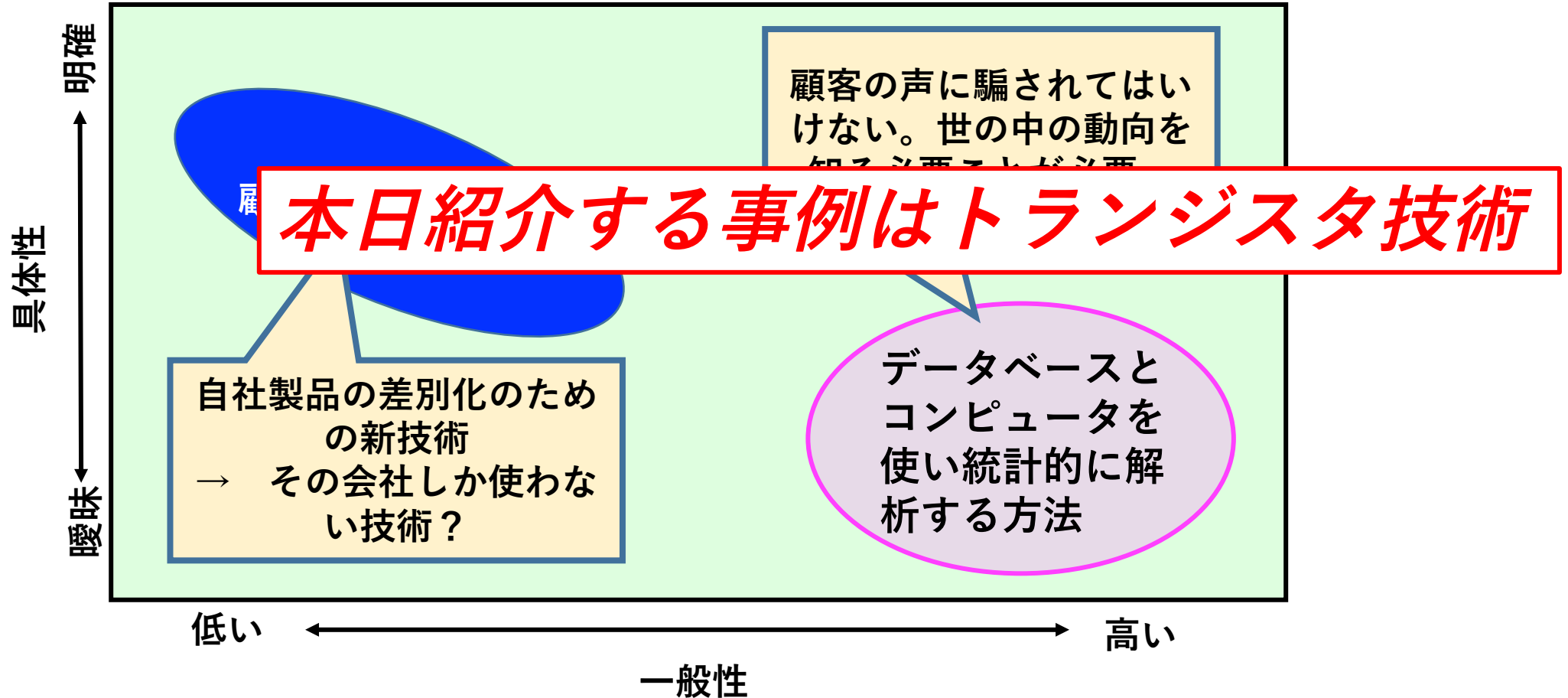
研究開発マネジメントの課題

開発資源は有限 → 選択が必要

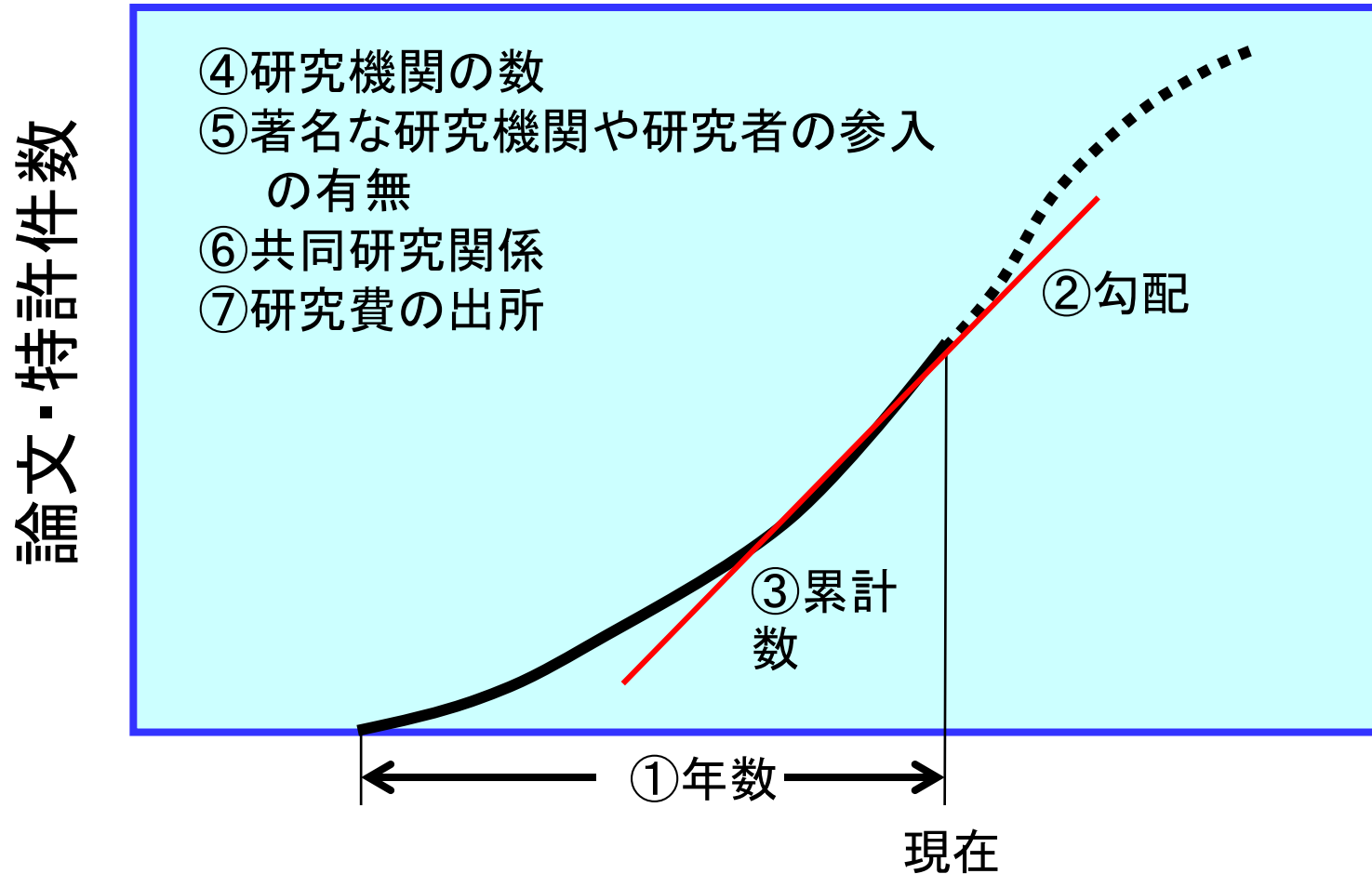
- ・「何をやるのか、何をやらないのか」
- ・「人・もの・金・時間をどれくらいいつぎ込むのか」

判断するために、情報が必要！

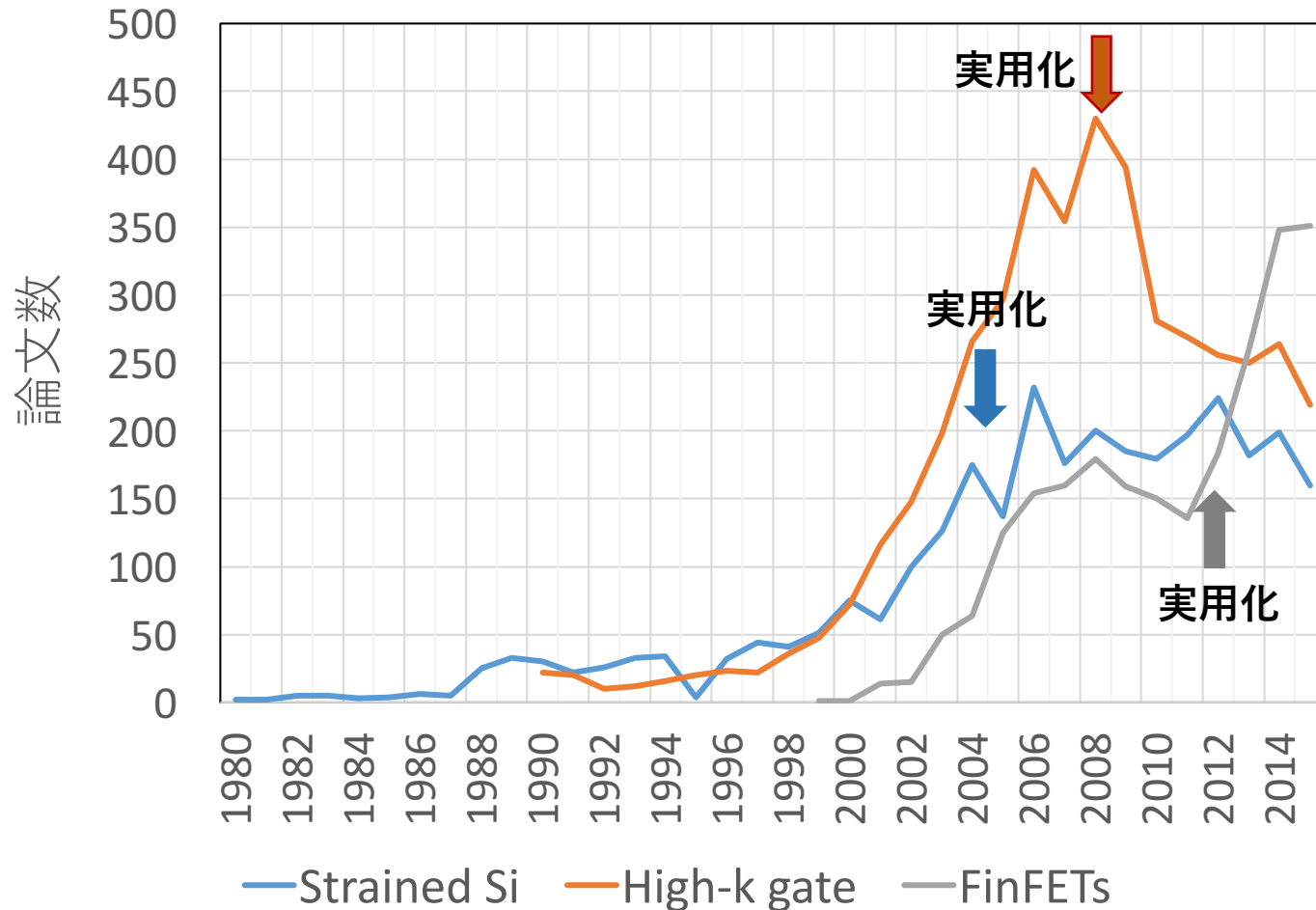
情報の具体性と一般性



論文や特許の件数から傾向を読む



トランジスタのイノベーション：論文数と実用化時期との関係

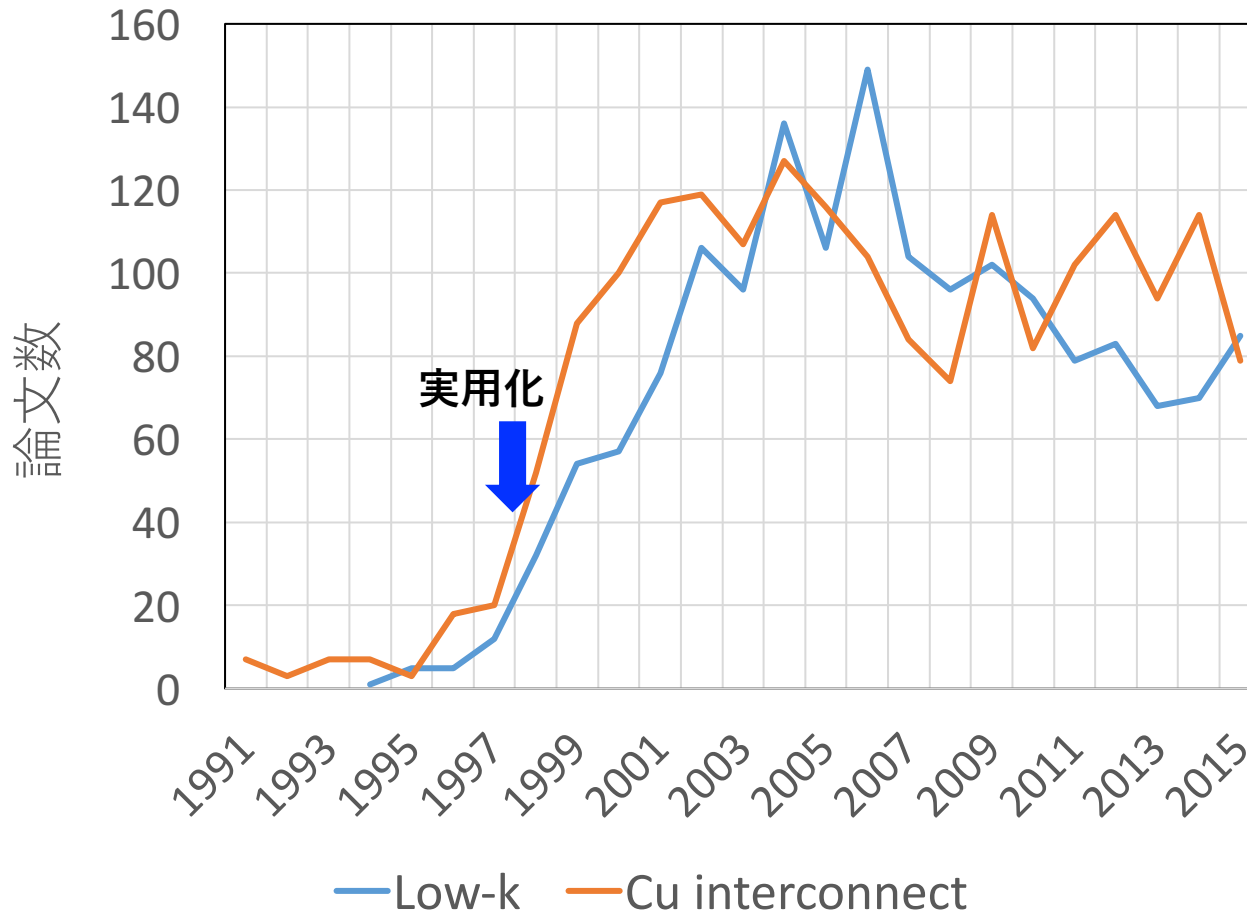


- MPUの性能を飛躍的に高めた革新的技術
- Intel社が主導

注意点

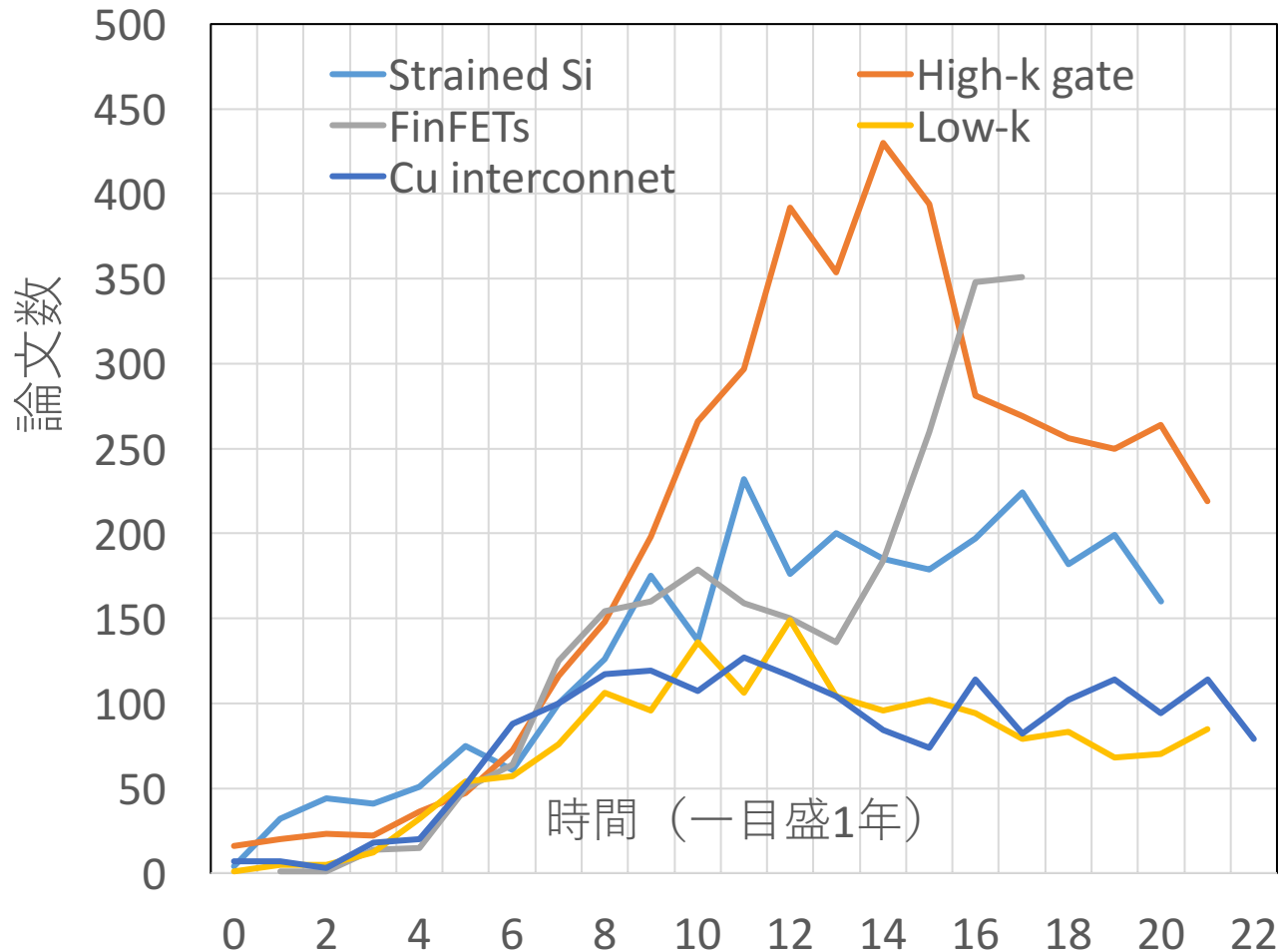
- 論文数増加の傾き
- 立ち上がりから実用化までの年数

多層配線のイノベーション：論文数と実用化時期との関係



- 1997年、IBMが1998年に**銅配線**をLSIに適用すると発表。これがトリガーになって、一斉に銅配線の研究が始まった。
- Intelは2000年代前半、130nm世代で導入。
- 実用化されると論文数が頭を打つ傾向はFEOLと同じ。

横軸を相対化し、5本の線を重ねると



傾きがほぼ同じ

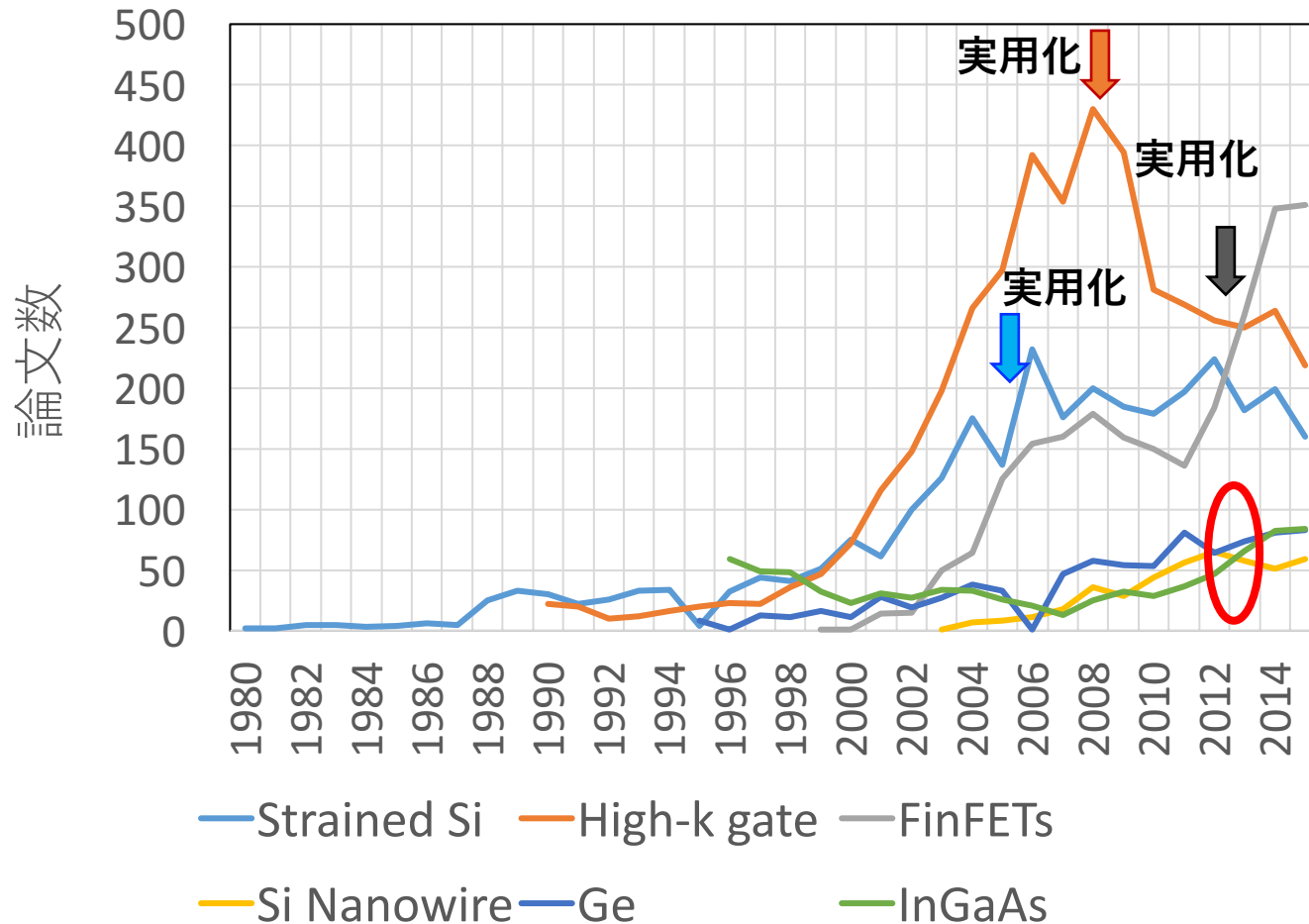
→ 実用化のThreshold

Thresholdは何を表しているか？

→ 投入される研究開発費の規模、研究機関の数、研究人口

→ **技術の実用化の目安**

次世代トランジスタSi Nanowire, Ge, III-V半導体を予想してみる



- 次世代技術Si Nanowire, Ge, およびInGaAsトランジスタに関わる論文数をプロット。
- 立ち上がりの傾きは小さい。まだ夜明け前と判断して良い。
- 実用化は少なく見積もっても10年先と考えられる。

アブストラクト分析の長所・短所

1. 長所

①低コスト

論文は有料だが、アブストラクトは無料でコピーも可能。

②ノイズが少ない

全文にはやや無関係な記述も含まれているが、アブストラクトは絞り込まれた記述がなされている。

2. 短所

アブストラクトには結論が簡潔に述べられているだけなので、**共起関係**や**係り受け**から内容を知ることが困難。よって**単語出現頻度分析**にウエートを置かざるを得ない。

TMS操作画面（単語出現頻度）

The screenshot shows the TextMiningStudio interface with the following components:

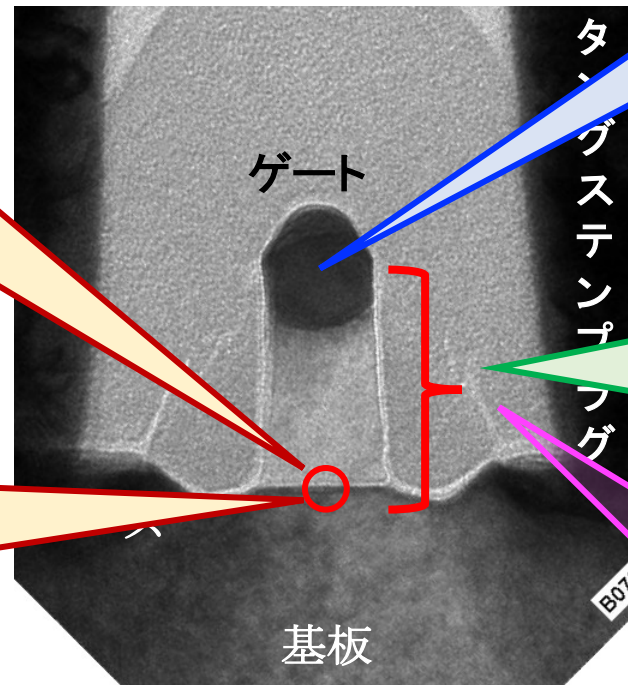
- Table of Results:**

順位	単語	品詞	品詞詳細	頻度
1	dielectric	形容詞	一般	36
2	devices	名詞	一般	25
3	dielectric	名詞	一般	25
4	leakage	名詞	一般	16
5	HfO2	名詞	固有名詞	15
6	CMOS	名詞	固有名詞	13
7	degradation	名詞	一般	10
8	mobility	名詞	一般	10
9	metal	名詞	一般	9
10	capacitance	名詞	一般	8
11	characteristic	名詞	一般	8
12	interfacial	形容詞	一般	8
13	thin	形容詞	一般	7
14	field	名詞	一般	6
15	Ge	名詞	固有名詞	6
16	hf-based	形容詞	一般	6
17	improve	動詞	一般	6
18	tunnel	動詞	一般	6
19	tunneling	名詞	一般	6
20	alternative	名詞	一般	5
21	body	名詞	一般	5
22	charge	名詞	一般	5
23	consider	動詞	一般	5
24	constant	名詞	一般	5
25	density	名詞	一般	5
- Bar Chart:** A horizontal bar chart showing the frequency of each word, with 'dielectric' having the highest frequency at 36.
- Navigation Panel (Left):** Includes sections for 'テキスト情報' (Text Info), '頻度分析' (Frequency Analysis), '注目分析' (Attention Analysis), '特徴分析' (Feature Analysis), and '評判分析' (Evaluation Analysis).
- Bottom Panel:** A '辞書' (Dictionary) window showing a list of words and their categories, with '新規類語辞書' (New Synonym Dictionary) selected.

単語群の作成

High-k材料
 HfO_2 、 ZrO_2 、 Pr_2O_3 、 La_2O_3
 HfAlO_3 、 ZrAlO_3
 HfSiO_3 、 ZrSiO_3 , 等16種類

High-k材料性能
 Capacitance, EOT,
 Permittivity, Leakage, etc

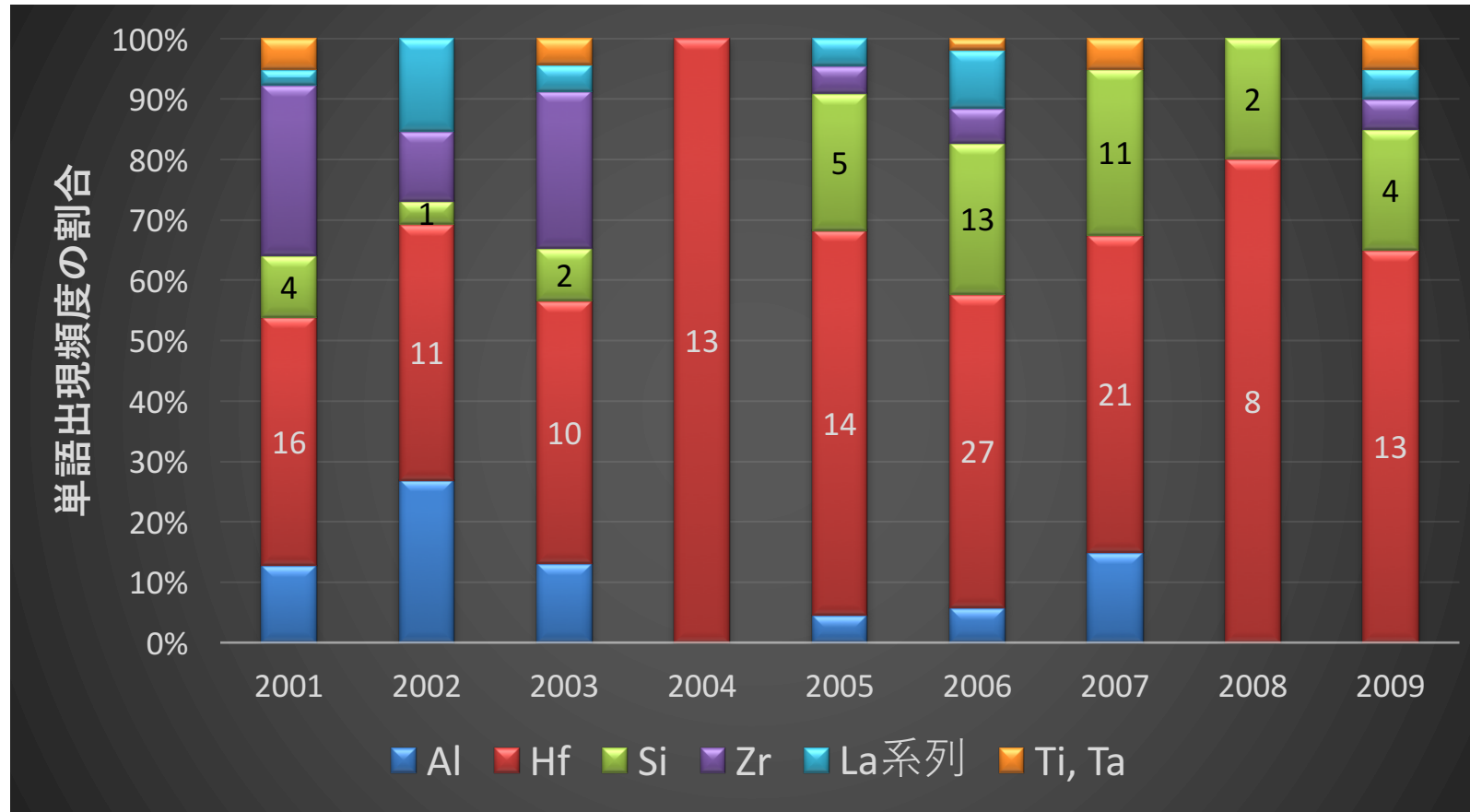


ゲート電極材料
 Poly-Si、Metal、NiSi、
 FUSI

トランジスタ性能
 Mobility, Ion, Ioff, Vth,
 Flatband, Work
 function, etc

信頼性
 Breakdown,
 Degradation, NBTI,
 PBTI, TDDB, etc

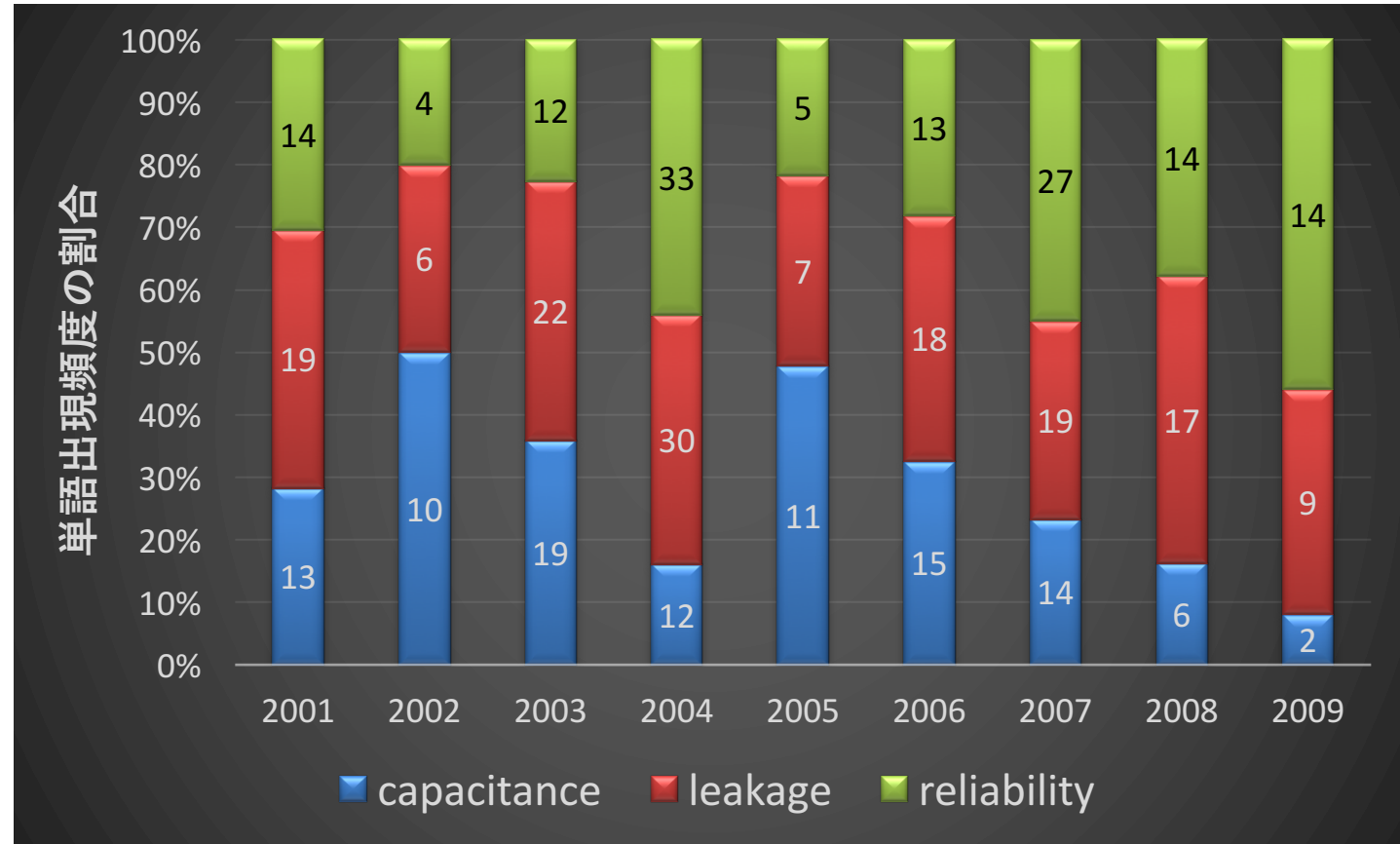
High-k材料：絞り込みに8年！



Hf vs. Zr → Hfの勝ち → La系もあるぞ！ → やはりHfだ！

High-Kの性能に関する単語

単語	項目
permittivity	Capacitance
capacitance	
EOT	
interface	
leakage	Leakage
barrier	
breakdown	Reliability
degradation	
reliability	
stability	

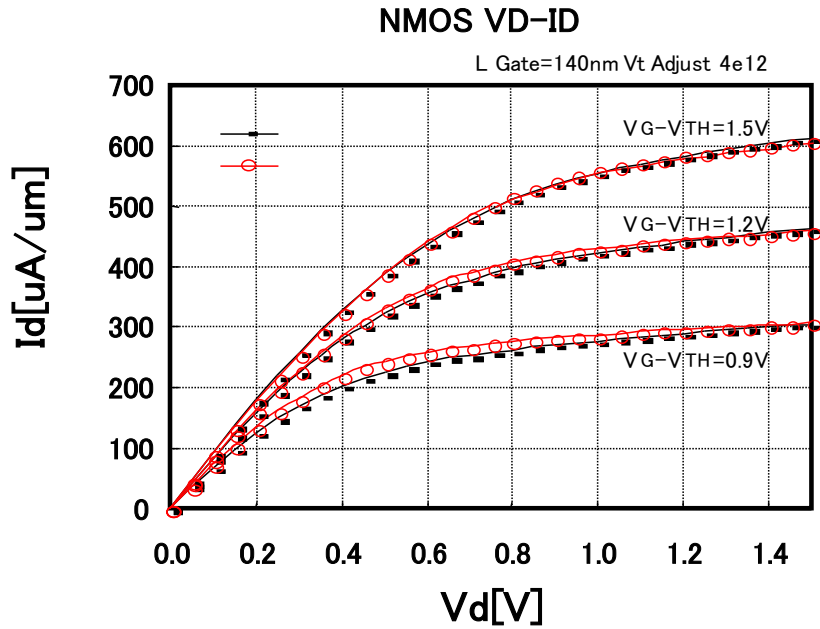


High-k材料を決めれば容量の問題は片付く。リーク電流と信頼性は尾を引く！

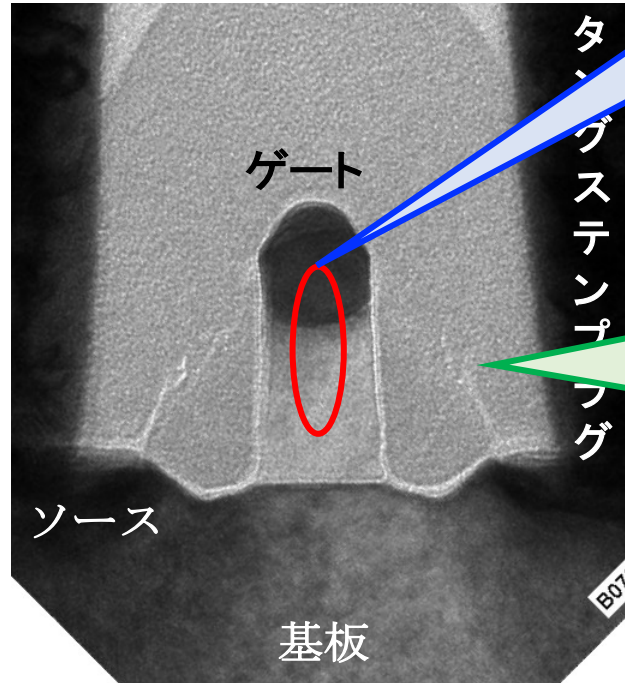
この事実から学ぶこと

1. 材料選定には時間がかかる。7～8年は覚悟。
2. ただし、それを合理的に短縮する方法を考えるのも一つの手かも知れない（技術開発の方法論を開発する）。

ゲート電極



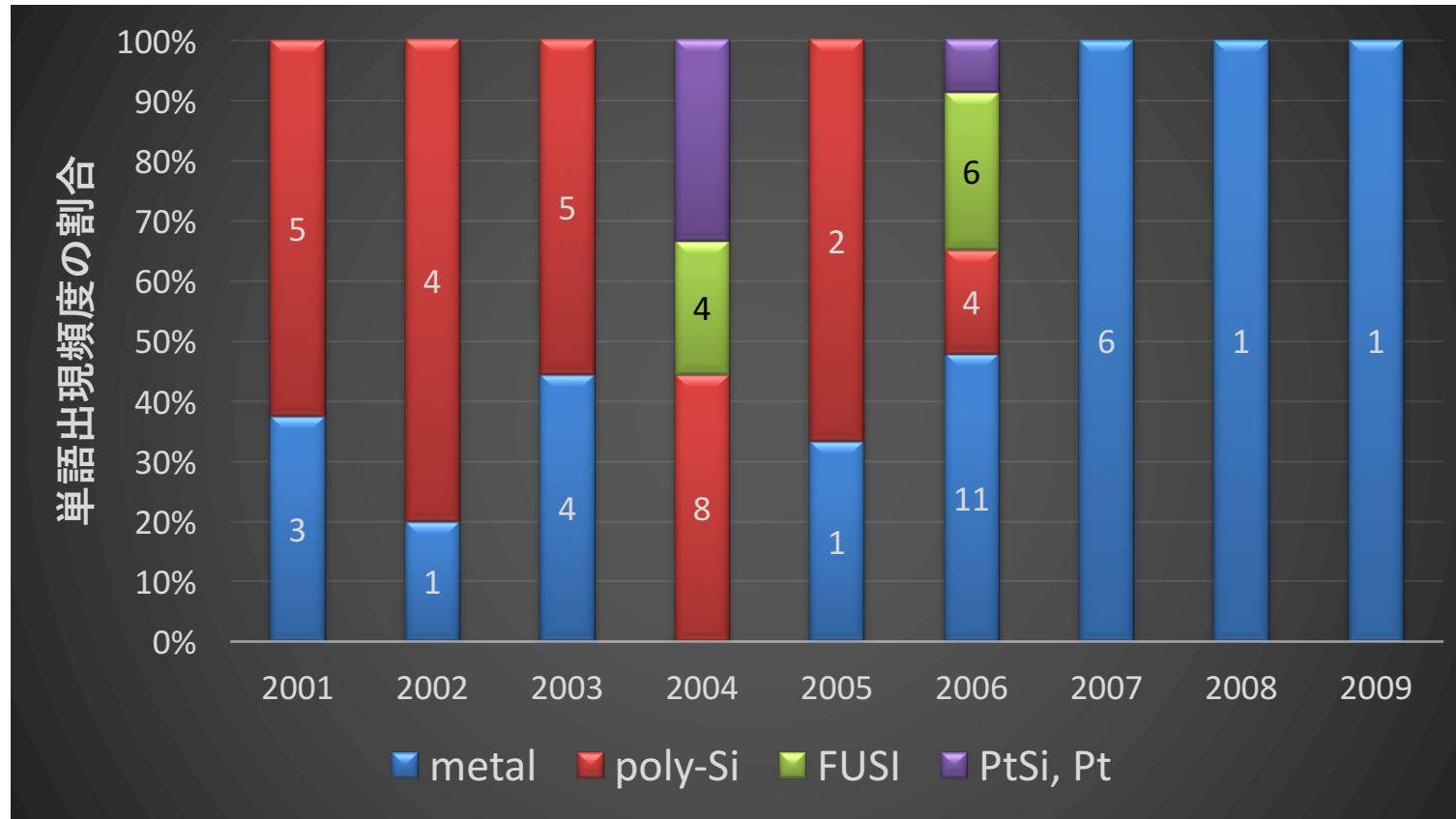
トランジスタの静特性



ゲート電極材料
Poly-Si、Metal、NiSi、FUSI

トランジスタ性能
Mobility, Ion, Ioff, Vth, Flatband, Work function, etc

ゲート電極材料の選択



Poly-Si vs. Metal



FUSIの登場

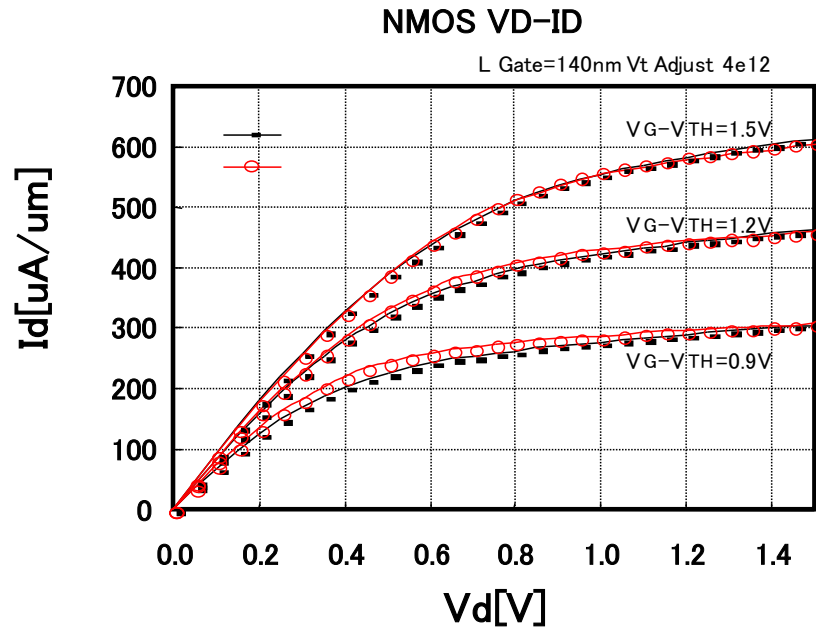


Metalの勝ち

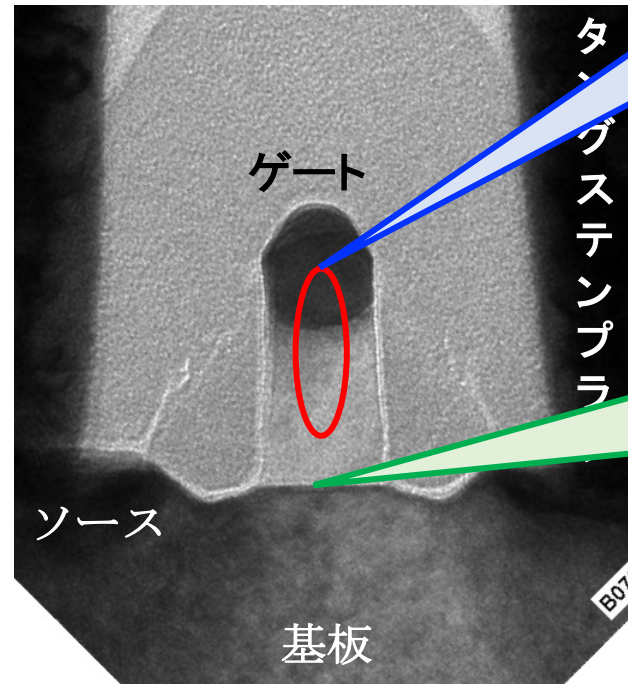
この事実から学ぶこと

1. 材料選択はやはり7~8年を要する。
2. 先人の経験知（一度に2つの新技術を導入すると問題が山積し、実用化が極めて困難）に縛られるべきではない。
3. 良いところ取りの材料（技術）は結局、中途半端。多少リスクがあっても原理原則的に優れた材料（技術）を選択すべき。

トランジスタ性能上の課題



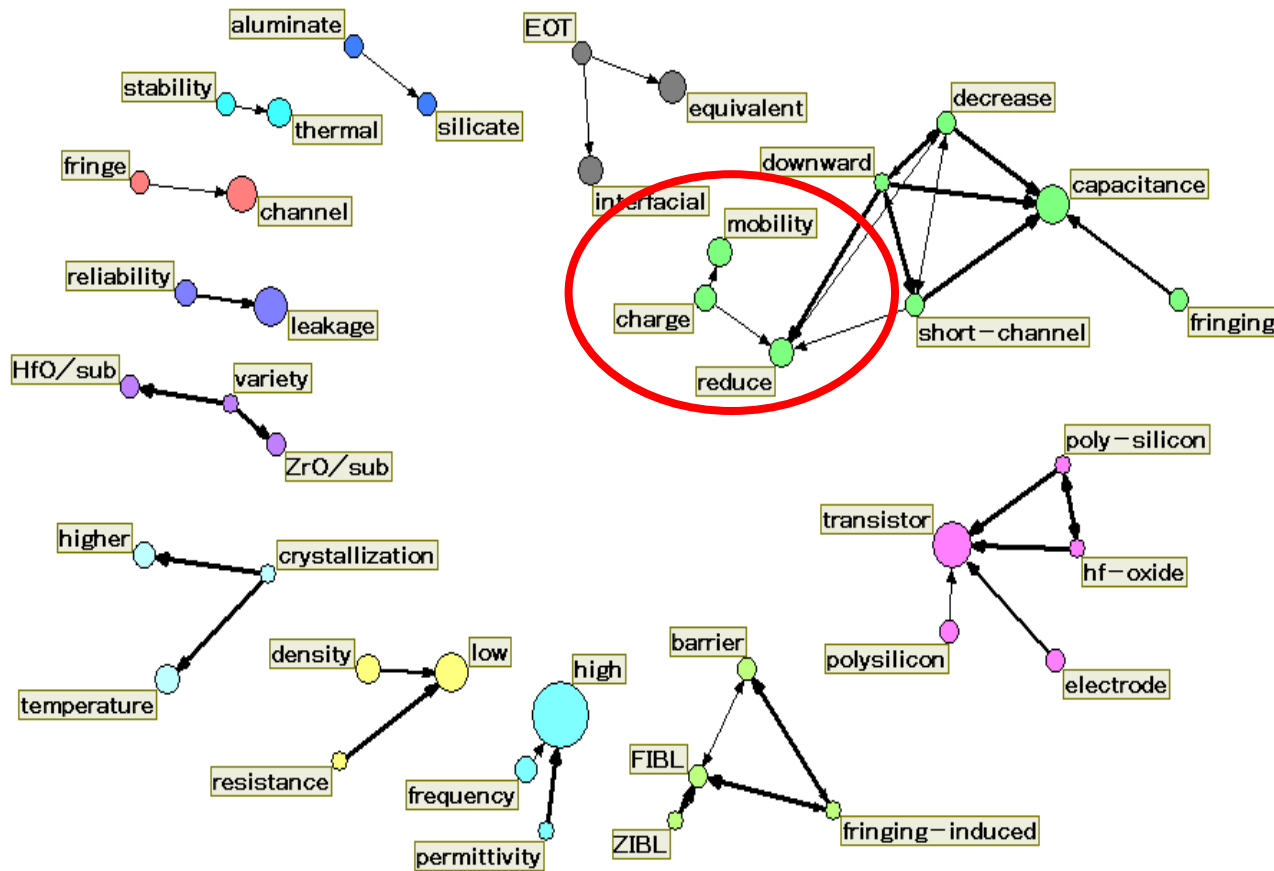
トランジスタの静特性



ゲート電極材料
Poly-Si、Metal、NiSi、
FUSI

トランジスタ性能
① Mobility
② Threshold Voltage

Mobilityの共起関係を調べる



High-k膜、または界面に
「Charge (固定電荷)」が存在

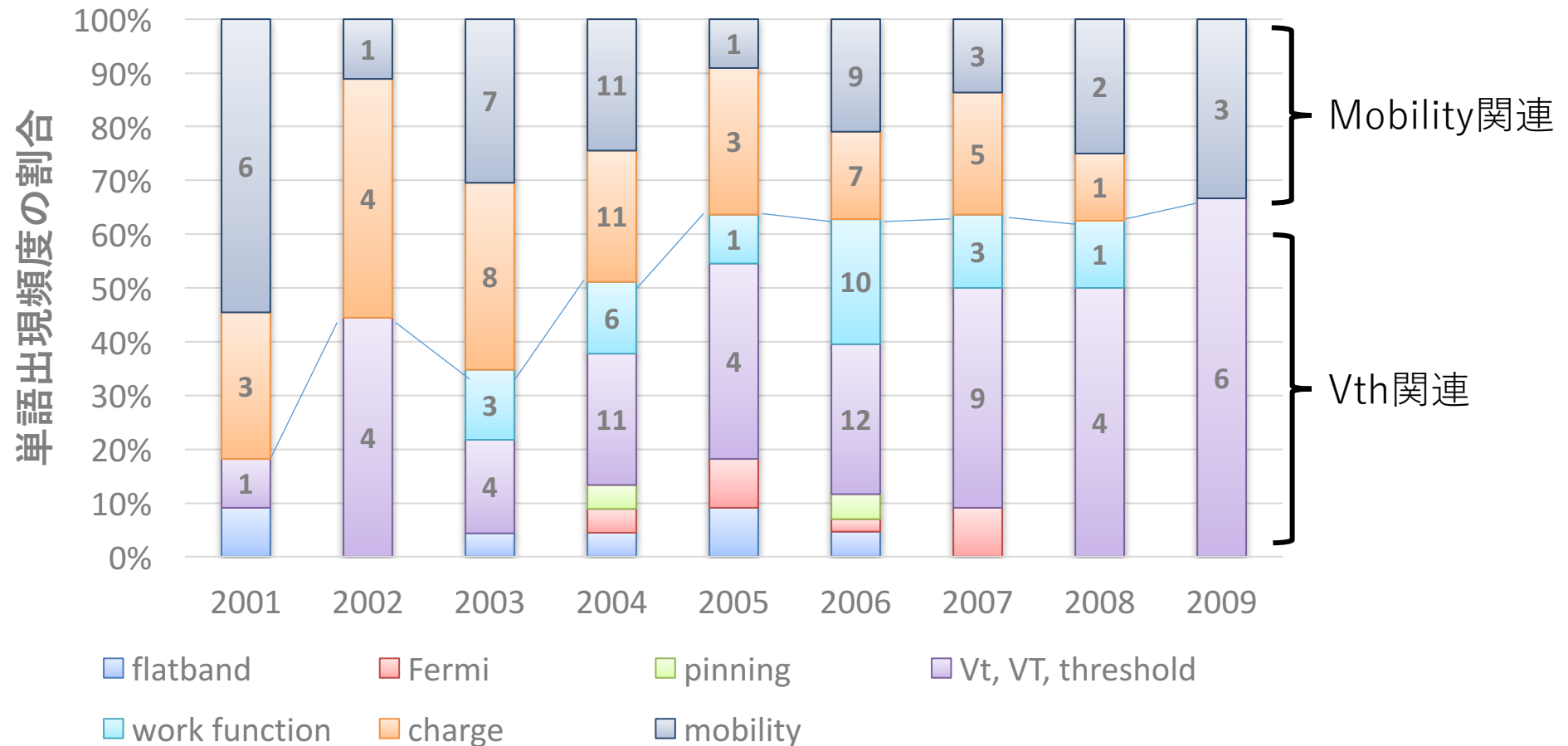


「Charge (固定電荷)」に電子
が散乱される



Mobility (移動度)がreduce
(低下)する

MobilityとVthに関する単語出現頻度の変化

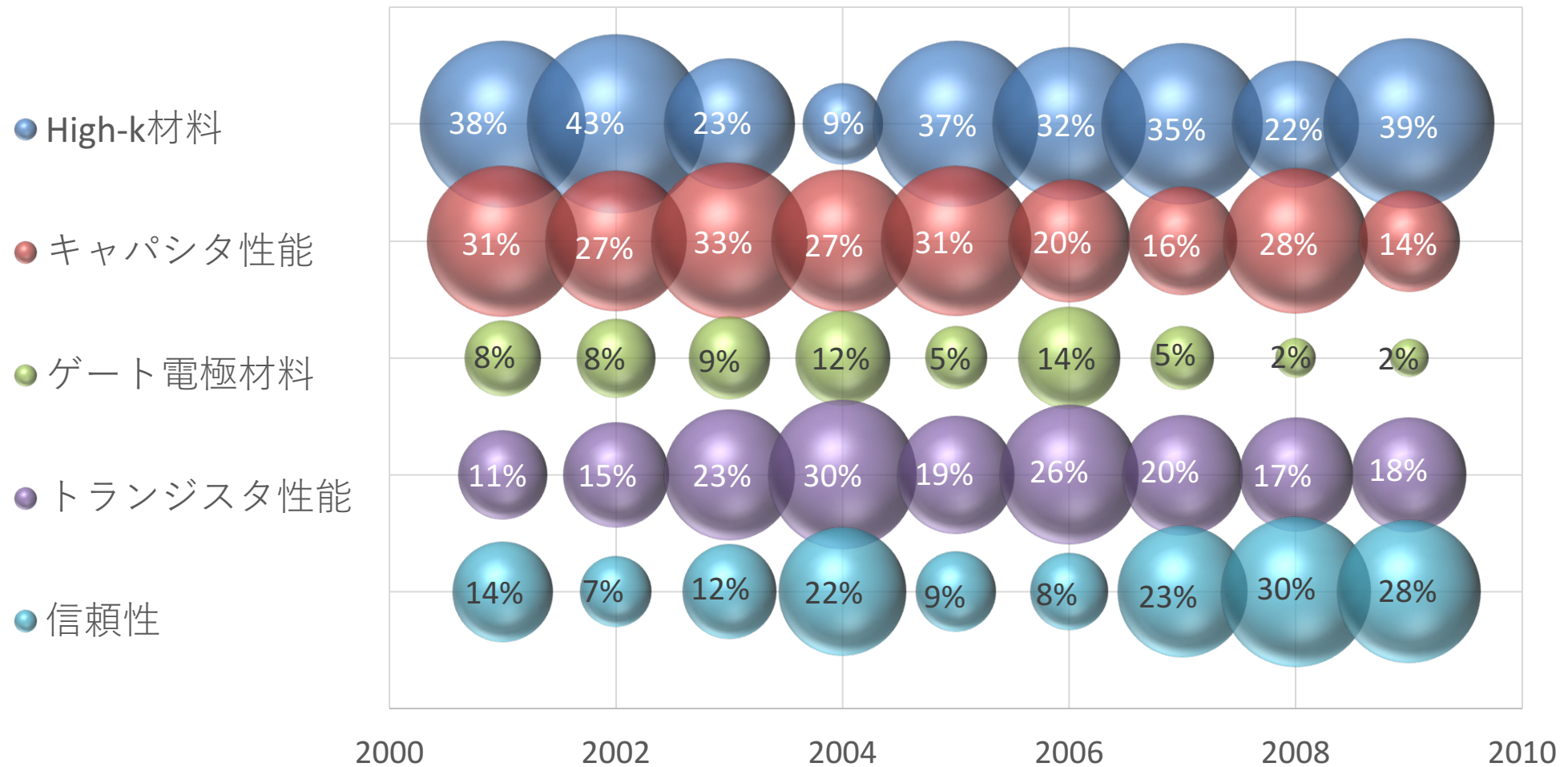


閾値電圧 (Vth)を合わせ込めない問題は、メタルゲートで生じた！

この事実から学べること

1. 物事、予期せぬ事が起こる。
 - ・ V_{th} （閾値電圧）はメタルゲートにして初めて出てきた問題。
2. 「2つ新技術を導入すると問題が複雑になる」という昔からの教えは、ある意味で真。ただし、克服できないわけではない。
3. よって、「想定外（それが何なのかは、当初はわからない）」が起こることを「想定」して開発計画を作成しなければならない。

テキストマイニングで描くHigh-kゲート技術開発の「顔」



論文データを解析する意味

1. 過去に行われた技術開発を分析することはすなわち、「歴史を紐解く」ことである。
2. 論文数の増減や出現する単語の傾向は「紐解く方法」であり、技術開発という行為が持つ「顔」を窺い知る手段である。
3. 技術開発の顔を多く知ることは、技術に対する知的資産を蓄えることである。
4. 豊かな知的資産が技術開発戦略の策定をより合理的なものにする。

ご清聴ありがとうございました！