

探していなかった価値のあることを見つかる：セレンディップの3人の王子の物語と窒化物半導体、
宇宙開発の夢

松本功
大陽日酸(株)

身近に見られる窒化物半導体の応用例

GaN LED

ヘッドライト DRL

バックライト

無線基地局 **基地局交換機** **無線基地局**

携帯端末通信

発信側携帯端末 受信側携帯端末

交通信号機

LED大型フルカラーディスプレイ

窒化物マルチビジネス創生センター



PC

AC Assemble

Server

Power

EV Auto



Device Markers

Material Maker

MOCVD & Process Makers



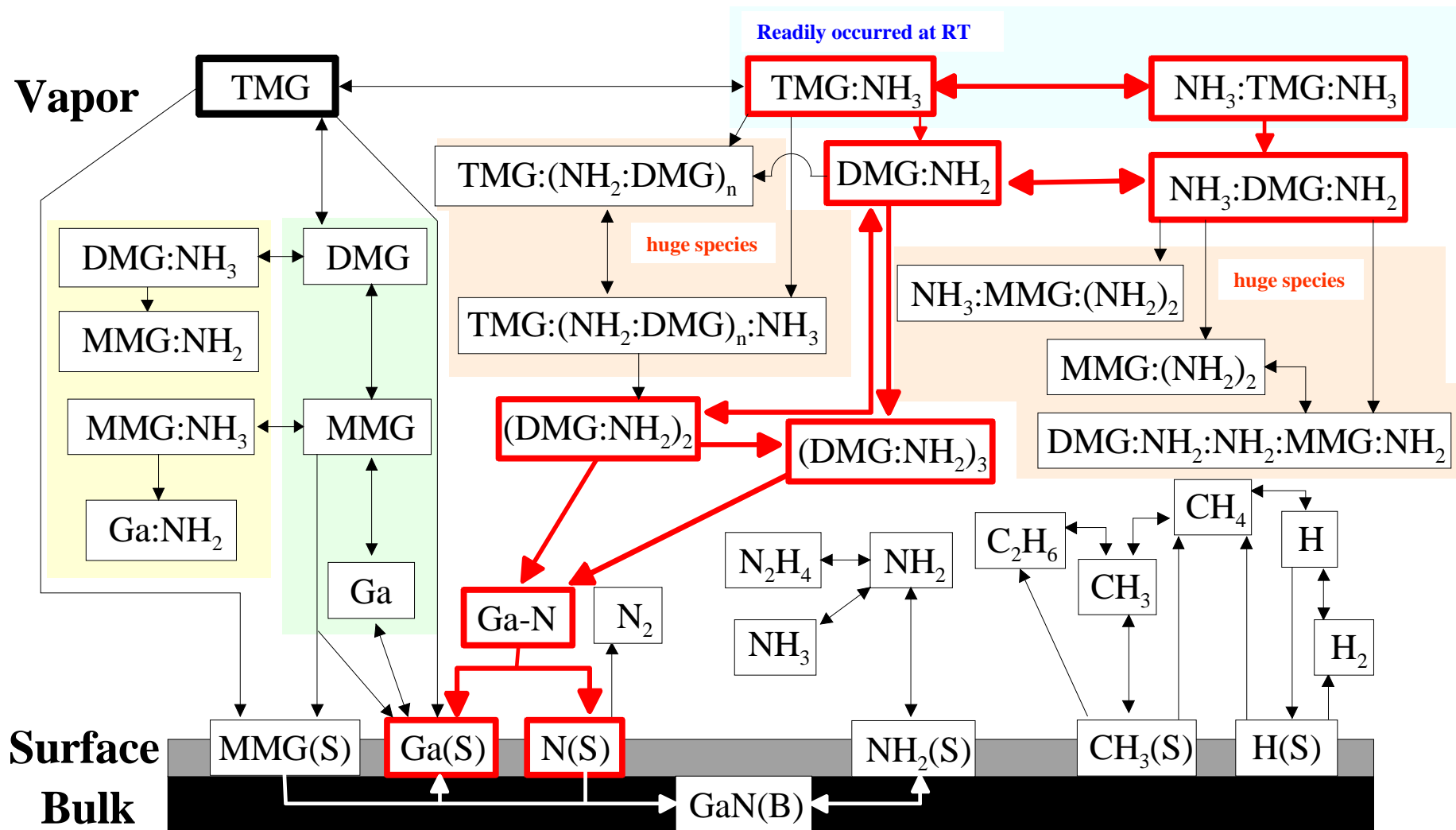
Total: US\$22.7M
(METI:2/3 Assist)

名工大江川教授
 R&Dプロジェクト
 -装置
 -エピ材料
 -デバイスプロセス

- ・UR-25K,UR-26K 1set each, Gas & Gas Utilities
- ・MOCVD Evaluation, Device Characterizations (TNSC approx. US\$ 9.2M order)



Reaction Pathway



Courtesy to Prof. Ohkawa of Tokyo Univ. of Sci.

Refs. S. Tanaka, A. Hirako, K. Kusakabe and K. Ohkawa, Abstract of ISBLLED-2004, Pb38, Korea, (2004).

K. Kusakabe, A. Hirako, S. Tanaka and K. Ohkawa, submitted in phys. stat. sol. (2004).

JAXA Symposium

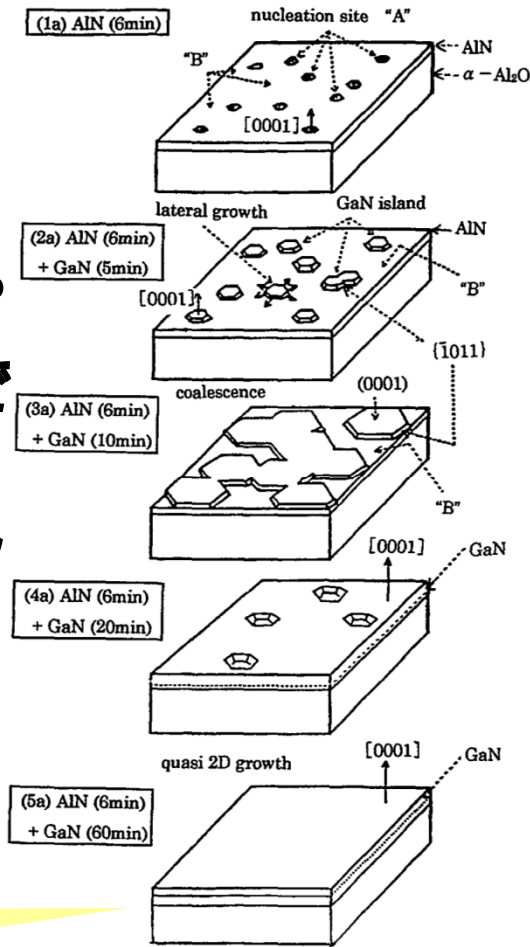
Tokyo University
of Science

GaNの応用は結晶系、格子定数が異なるサファイア基板上に成長させる技術 (ヘテロエピタキシー) の進化により実現。木に竹を接ぐ技術の発展。

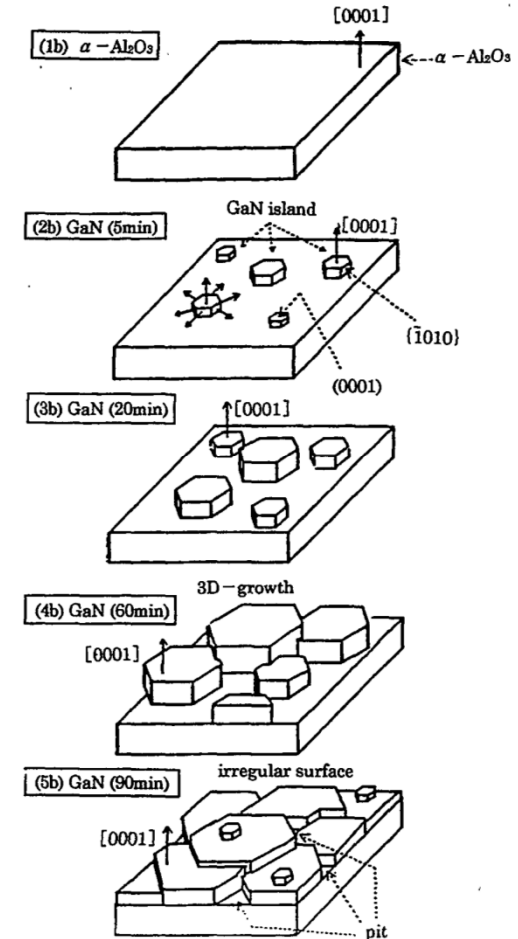
AlNバッファ層はアモルファスが良いことを発見。

カソードルミネッセンスでMgドープGaNを観察している中で偶然P型化したGaNを発見。

低温成長AlN
バッファ層



AlN バッファ層あり



AlN バッファ層なし

Isamu Akasaki and Hiroshi Amano, Jpn. J. Appl. Phys. 36 (1997) pp.5393-5404.

選択成長を利用して転位を曲げて対消滅させる。

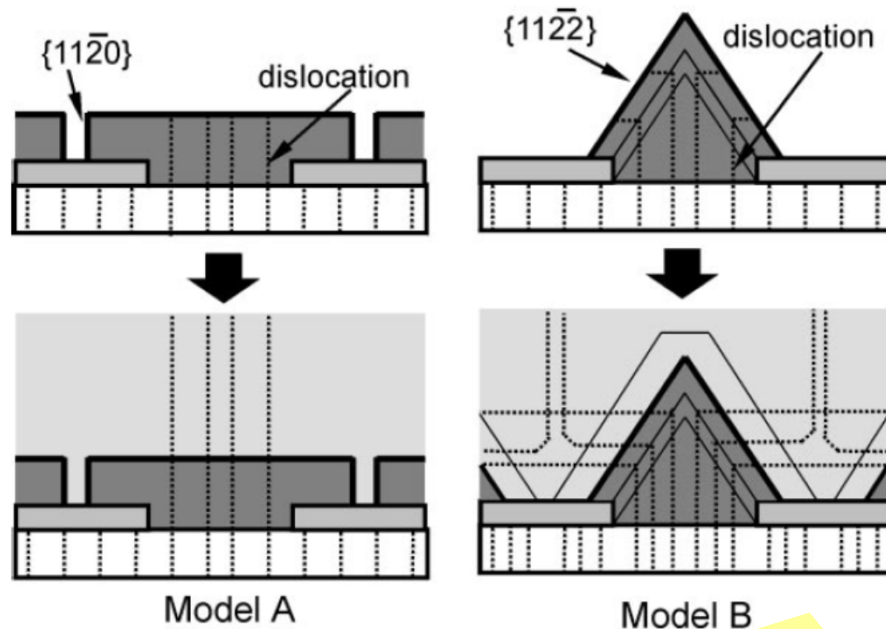


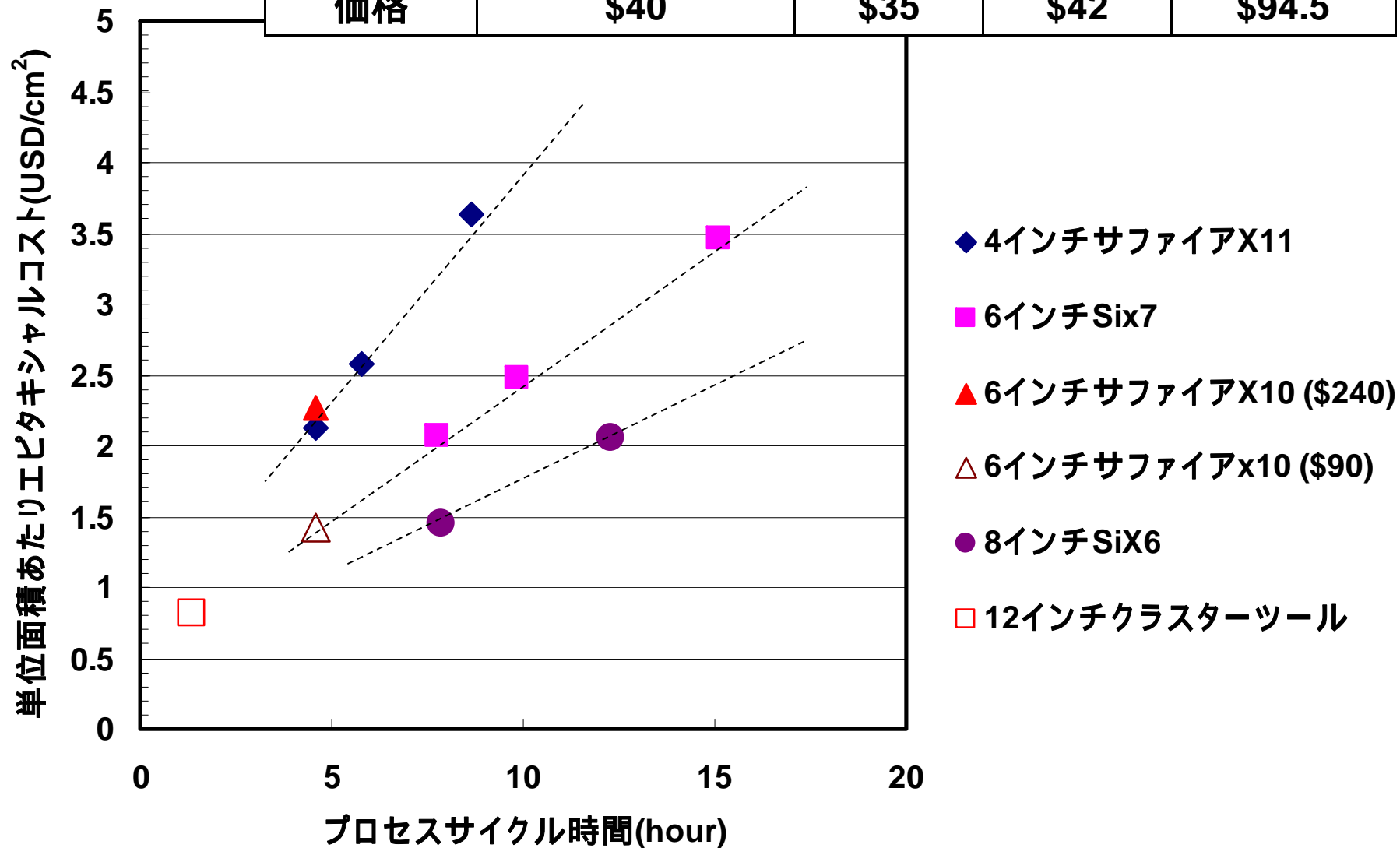
Table 1
Growth conditions of FACELO

	Model A	Model B
First-step ELO		
Reactor pressure	80 Torr	500 Torr
Growth temperature	1000°C	950°C
Growth time	30 min	45 min
Second-step ELO		
Reactor pressure	500 Torr	500 Torr
Growth temperature	1050°C	1050°C
Growth time	90 min	105 min
Stripe width		
Mask/window	7 μ m/3 μ m	5 μ m/5 μ m

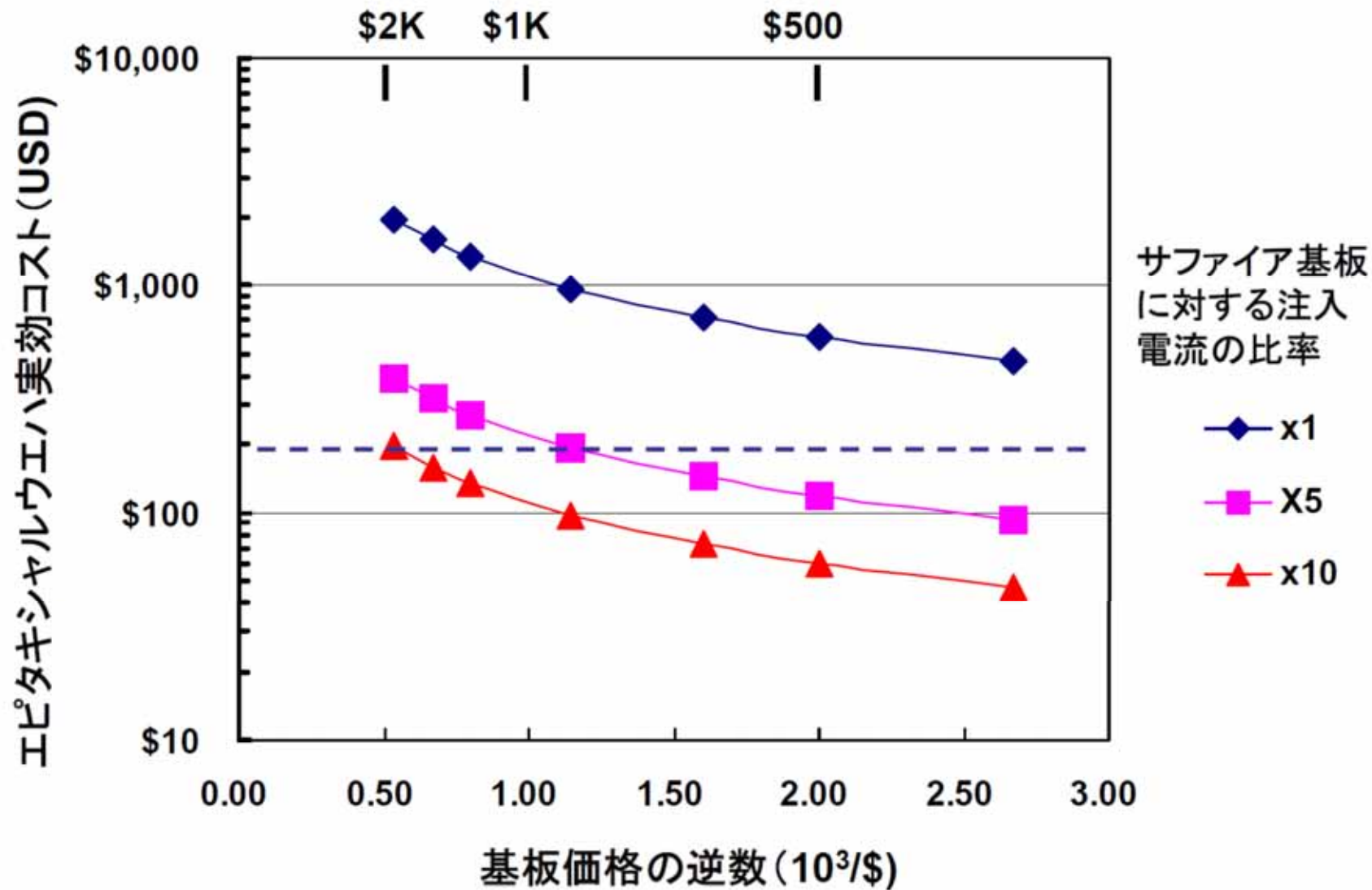
平坦化するまでに必要な成長膜厚はマスクパターンの周期と同程度が必要になる。この平坦化遷移層が厚いと大きな引っ張り応力が入り、基板は大きく反る。

Kazumasa Hiramatsu, Katsuya Nishiyama, Masaru Onishi, Hiromitsu Mizutani, Mitsuhisa Narukawa, Atsushi Motogaito, Hideto Miyake, Yasushi Iyechika, Takayoshi Maeda, Journal of Crystal Growth 221 (2000) 316-326

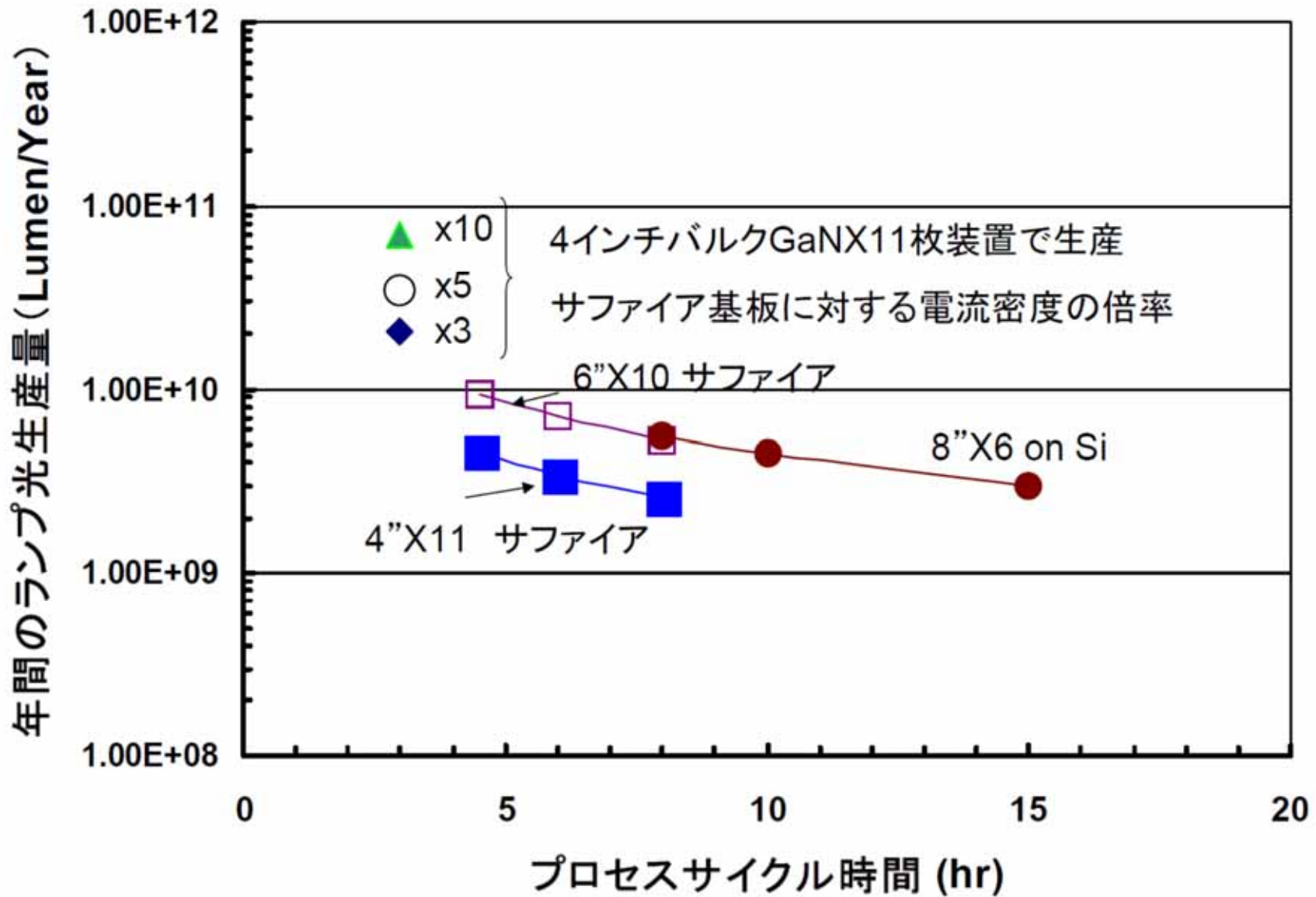
基板材料	4インチサファイア	6インチSi	8インチSi	12インチSi
価格	\$40	\$35	\$42	\$94.5



松本功、「応用物理」, 最近の展望、第82巻、10号(2013)pp.858-861.

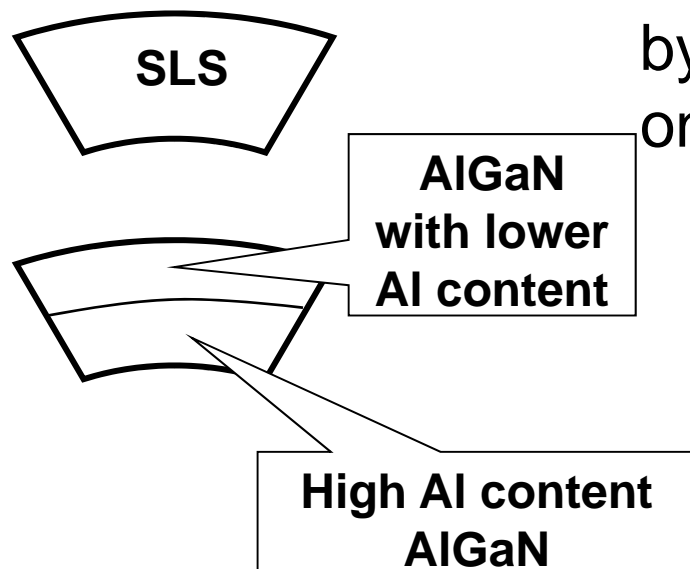


松本功、「応用物理」, 最近の展望、第82巻、10号(2013)pp.858-861.



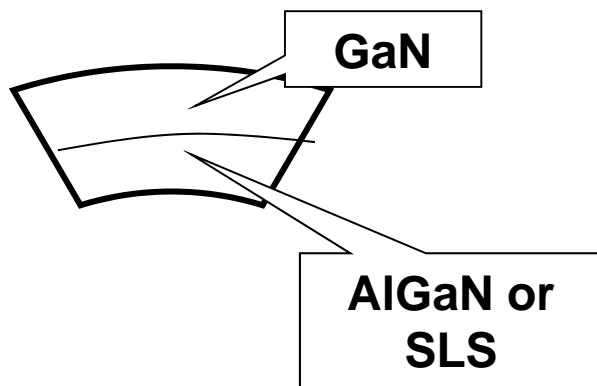
松本功、「応用物理」、最近の展望、第82巻、10号(2013)pp.858-861.

Compressive strain during growth



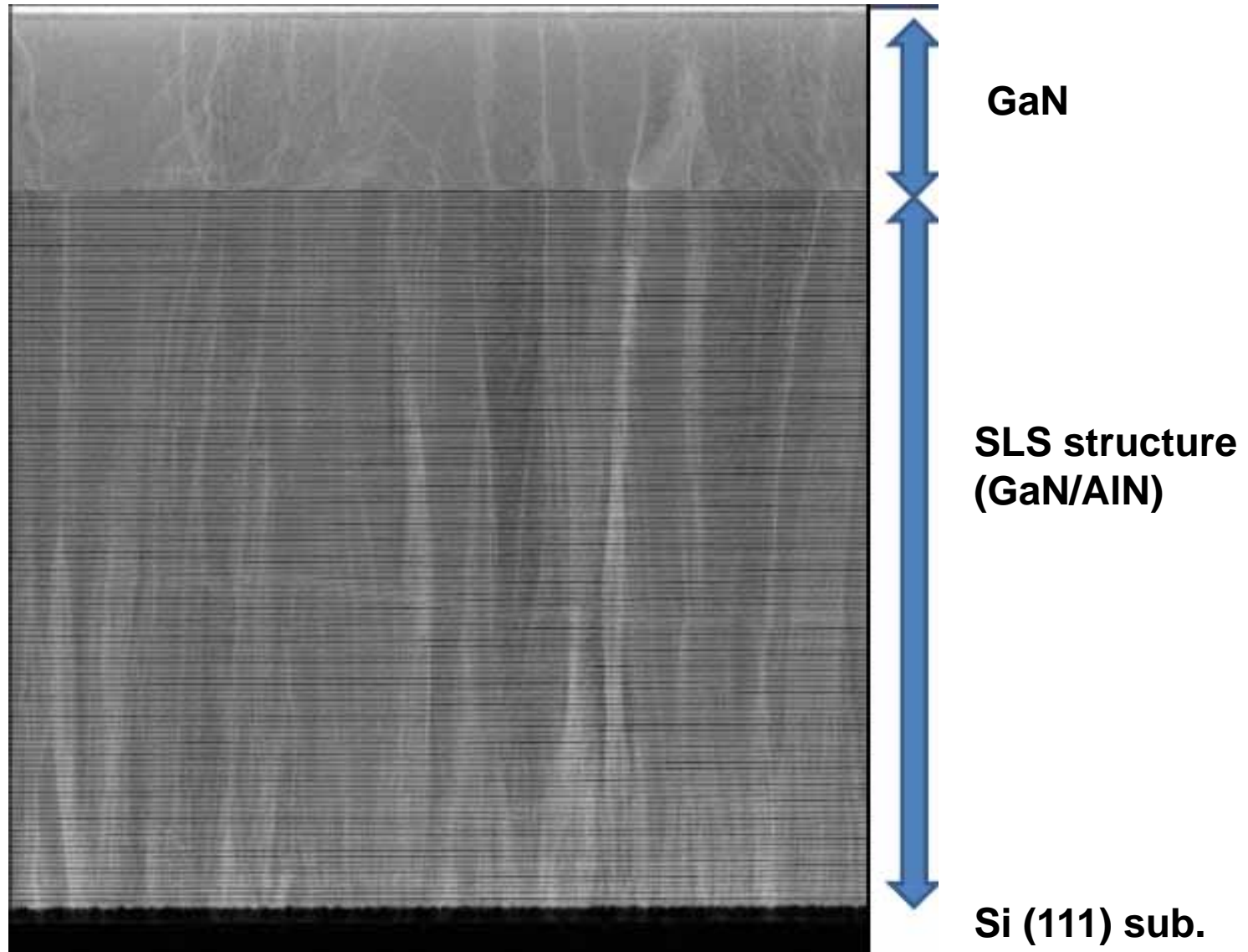
by [(Al)GaN/AlN] SLS: compressive on partially relaxed tensile?

by growing larger lattice constant materials on top



Compressive strain during cool down by difference of thermal expansion (bimetal effect)

GaN on Si (Cross sectional TEM image)



もしヒズミがなく平坦で転位密度の低い大口径種結晶を得ることができれば現在知られているGaNの厚膜成長方法のどの技術を用いても8インチ基板製造原価を10万円ていどにできる可能性があるといわれている。

ただし、これには基板をインゴットから切り出す切削のコストと研磨のコストが含まれていない。

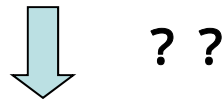
特に研磨技術の低コスト化が重要になる可能性がある。

“面白そうだからやってみよう”が、新しい技術の扉を開く。

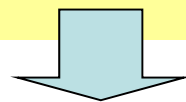
高分子の配列を利用した完全性の高い周期構造をテンプレートに用いた大口径種結晶。

名工大江龍教授の宇宙実験の成果。非常に薄くて完全性が高くて反りが小さい。

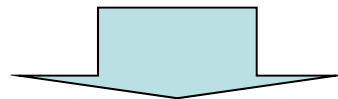
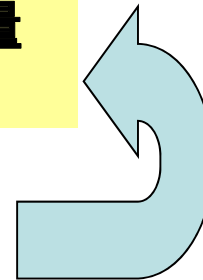
ヘテロエピの遷移層を薄くできる可能性がある。



低温成長のバルク結晶成長法(アンモノ? Naフラックス?)で低ヒズミのバルク種結晶の量産。



もっとも生産性の高い方法によるバルクGaN結晶の量産。



高品質で安価なバルクGaNの利用を可能にする。高い信頼性を要求される応用(自動車など)への展開を可能にする。