



RF-MBE法による傾斜組成バッファ層上 GaN on Si 成長

GaN of GaN on Si using a graded buffer by RF-MBE

大鉢忠^{1,2}, 竹本菊郎¹, 佐藤祐喜², 吉門進三², 和田元², 有屋田修³

同志社大学界面反応研究所¹, 同志社大学理工学部²

(株)アリオス³

T. Ohachi^{1,2}, K. Takemoto¹, Y. Sato², S. Yoshikado², M. Wada², O. Ariyada³

Interface Reaction Epitaxy Laboratory, Doshisha University¹

Department of Electrical Engineering, Doshisha University², and Arios Inc.³

tohachi@irel.jp

GaN系高出力高周波デバイス HEMT



良質薄膜結晶

安価

GoS
(GaN on Si)

RF-MBE法



AIN/GaN傾斜ダブルバッファ層(DBL)成長

- ① N間接照射Si窒化による β - Si_3N_4 作製 (界面反応エピタキシー①) コヒーレント+大面積可
- ② Al照射と固相反応によるAIN形成 (界面反応エピタキシー②) コヒーレント
- ③ Activity Modulation(AM) MEEIによるAIN & GaN膜成長

Activity Modulation MEE 成長



RF-MBE 結晶成長要素の特徴

Ga, Al, In 原子フラックス

高周波放電生成窒素元素の **2形態**

基底窒素原子 + 励起窒素原子

$N + N^*$

化学作用

励起窒素分子

N_2^*

物理作用

RF-MBE 結晶成長法の特徴

省原材料

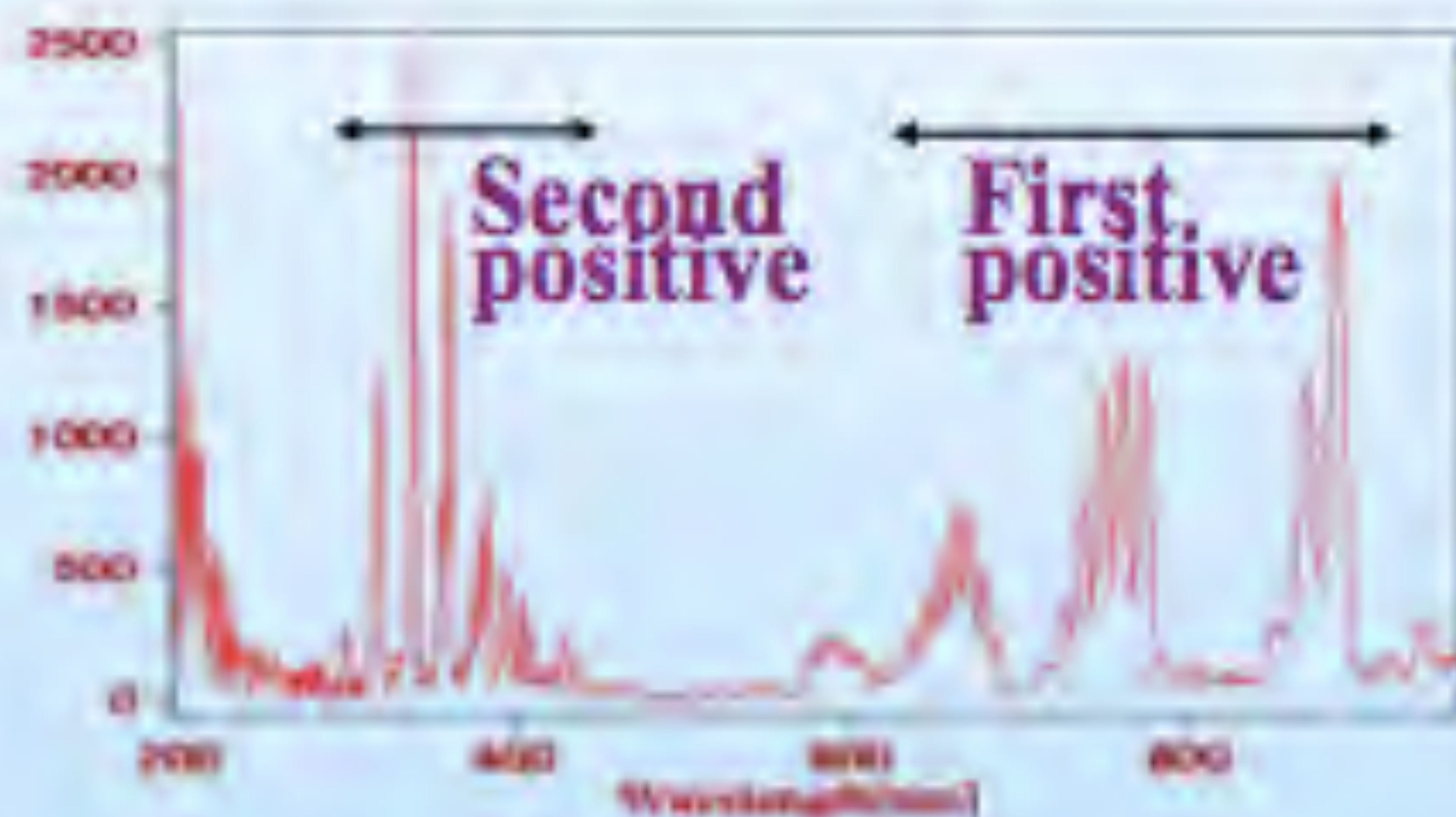
有害化学物質未使用

界面平坦性

低温成長

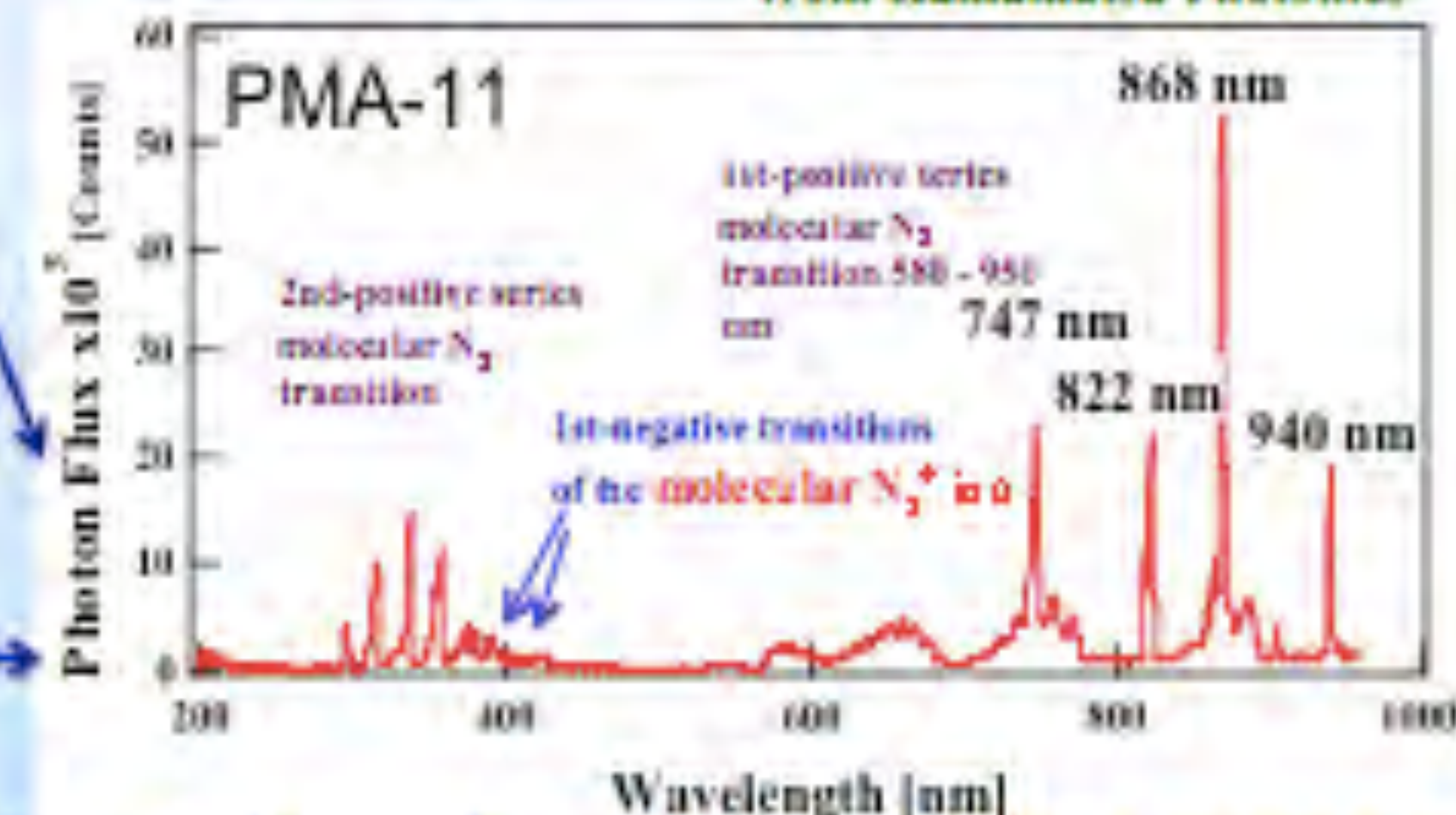
Si 基板上の GaN 系結晶成長には窒素高周波放電が最適

Electrostatic E mode
LB (Low brightness) mode



Electromagnetic H mode
HB (High brightness) mode

Measured by a cooled CCD
from Hamamatsu Photonics



Only excited N_2^* molecules
(small chemical reactivity but large
physical activity through transfer
energy to III group elements)

Formation of mainly
 $N+N^*$ atoms
(large chemical
reactivity)

Atomic spectrum

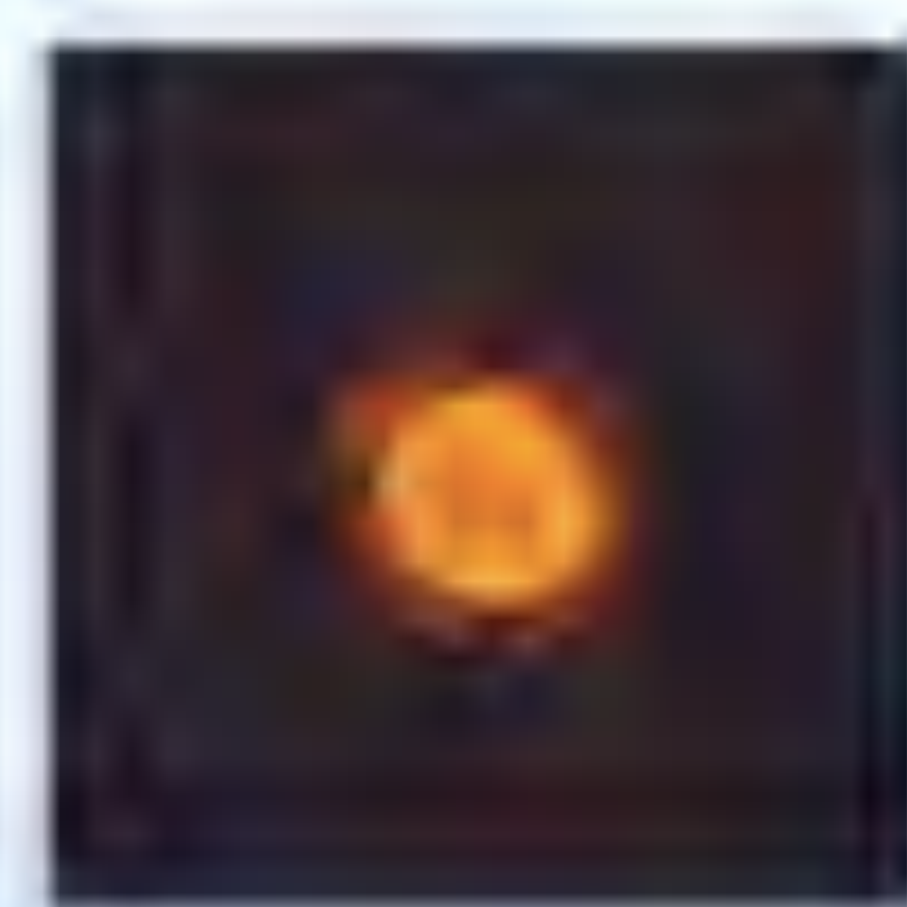
747 nm: $^4P - ^4S$
822 nm: $^4P - ^4P$
868 nm: $^4P - ^4D$
940 nm: $^2P - ^2D$
 $^2S - ^2P$

Transition of atomic
nitrogen

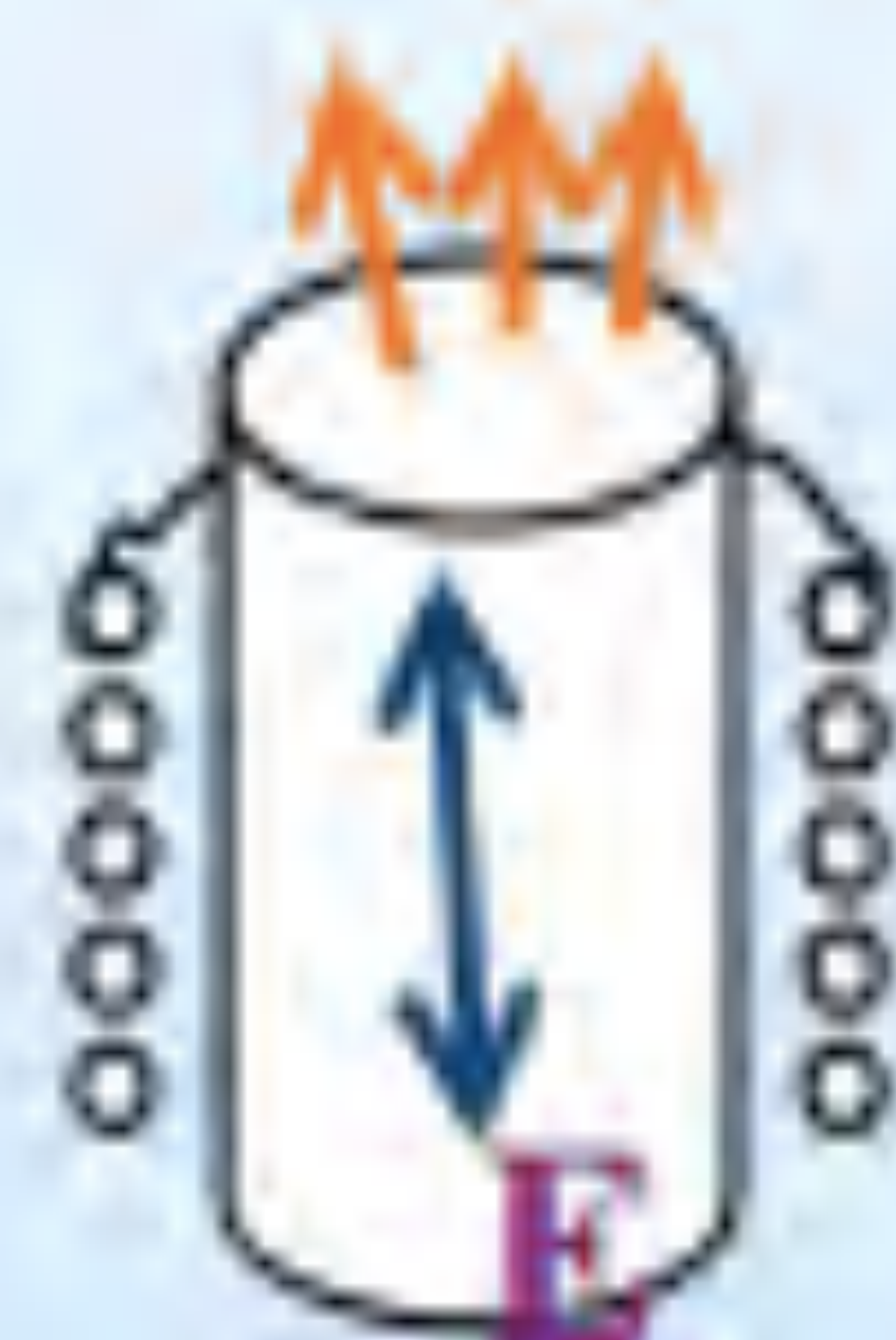


eliminator

LB (E-mode)
(Low brightness)



励起窒素分子 N_2^*



HB (H-mode)
(High brightness)



$N+N^*$ 原子
励起分子 N_2^*



RF-MBE



VG-80H

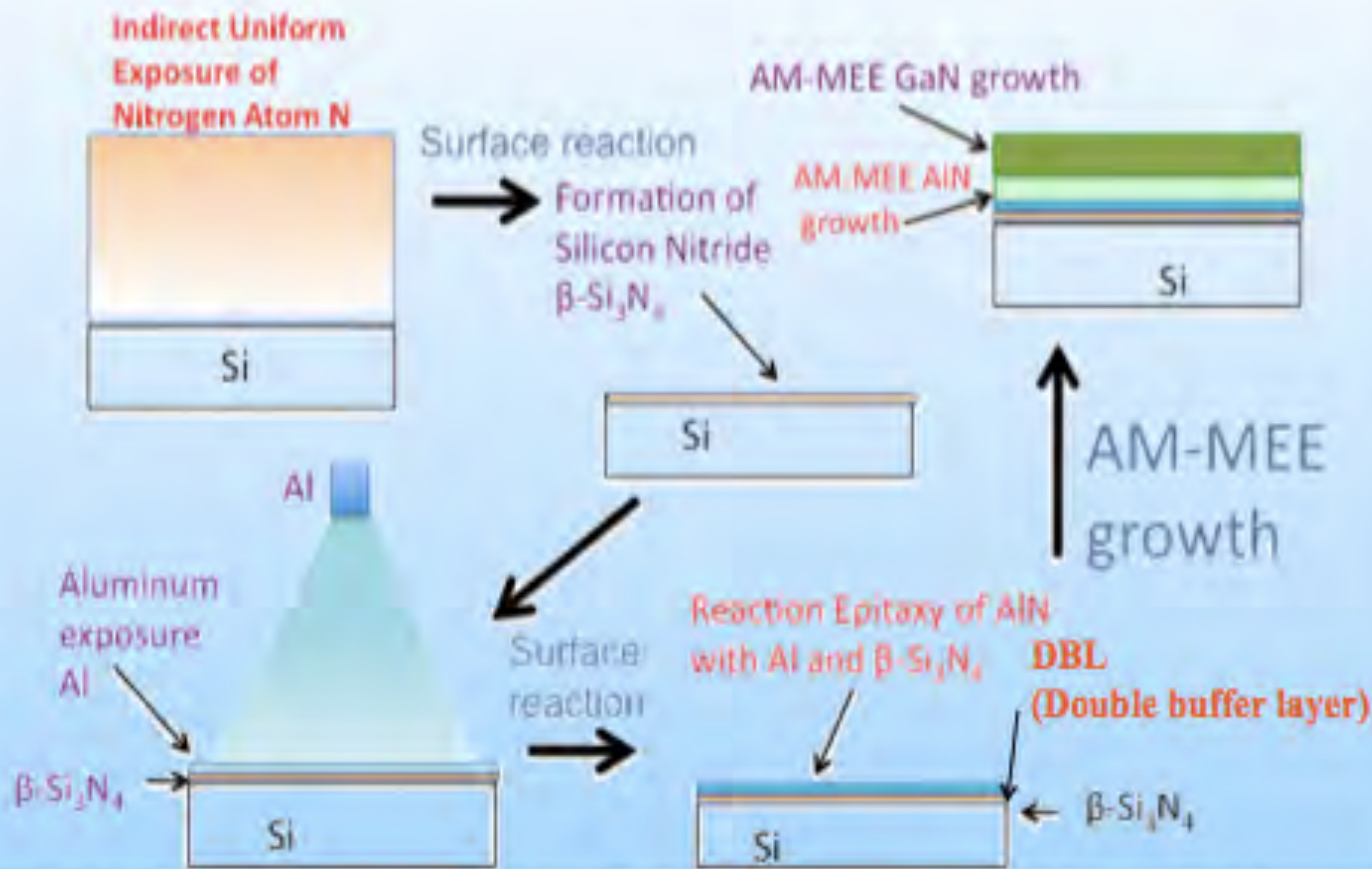
Nセルの放電電力のパルス状制御 と
シャッターの開閉によりN
+N*と N_2^* の制御

AlN on Siダブルバッファ成長プロセス

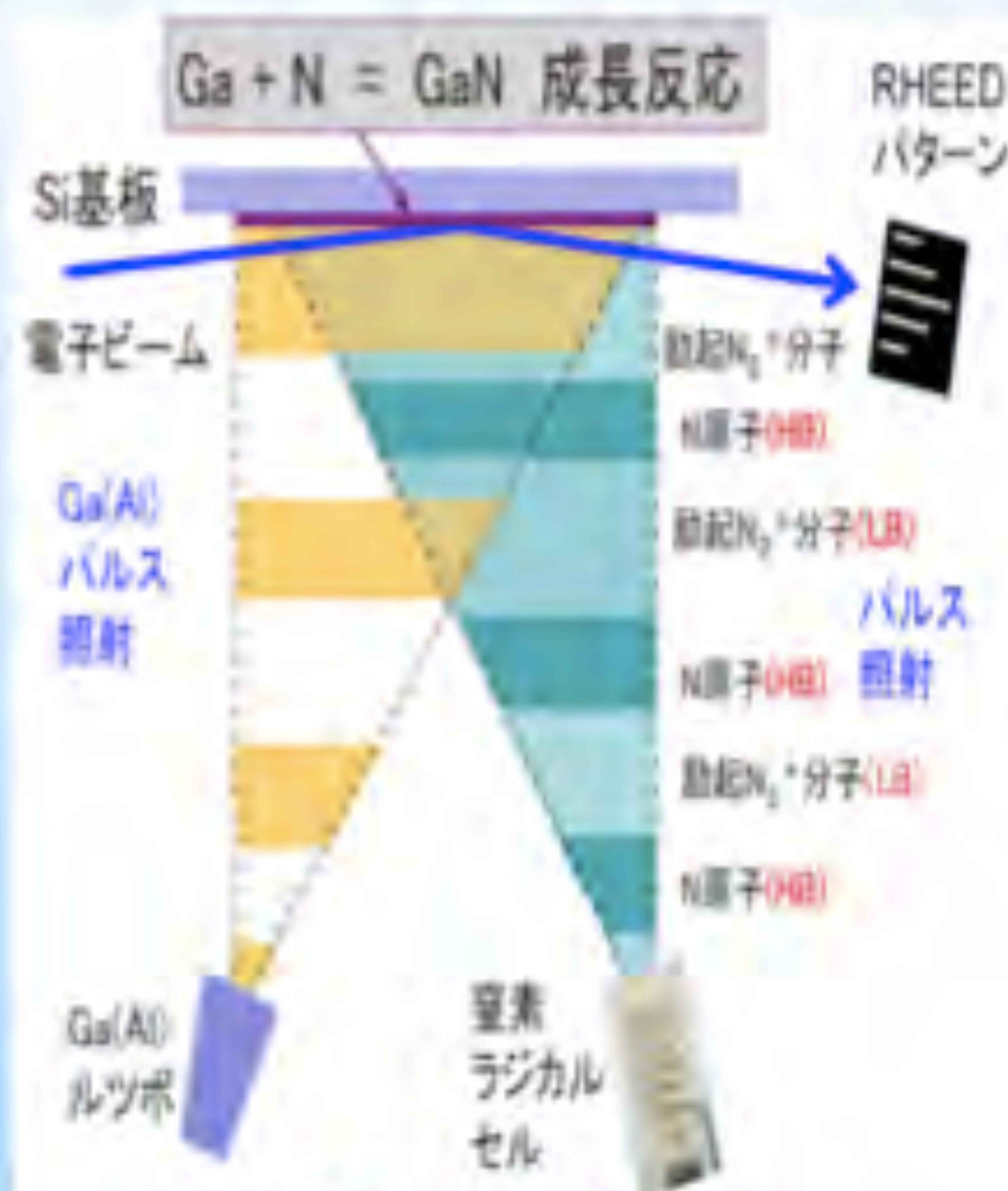
NCCG-45, 19-21 October,
2015, Hokkaido University



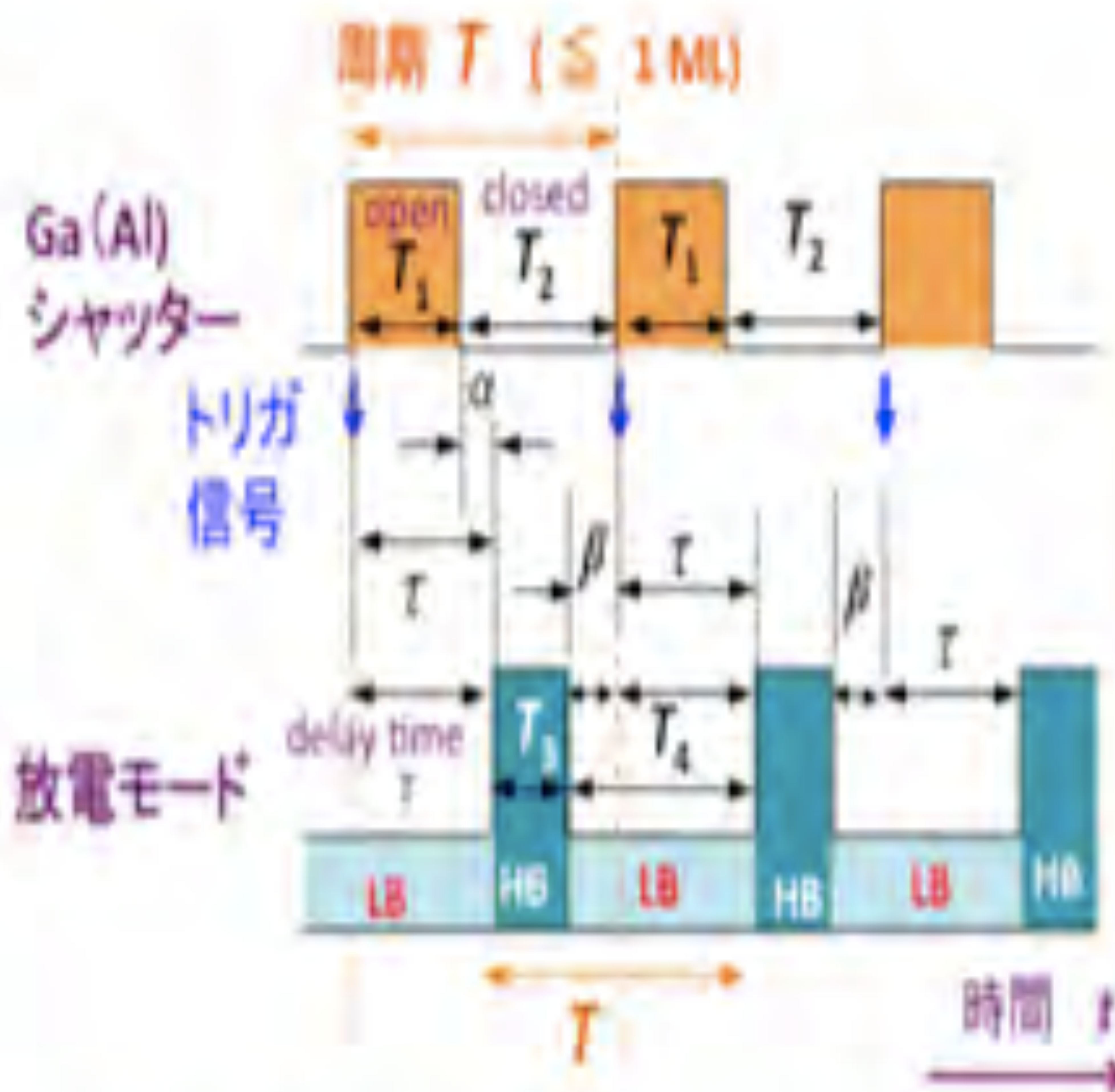
Doshisha University



GaN on Si のAM-MEE 成長



(a) 究極の省材料RF-MBE法



(b) Ga(Al) とN原子(HBモード)と N_2^+ 励起分子のパルス照射



試料構成

GaN
AlN or AlGaN
Si(111)

	g033	g404	f145
GaN	90	43	191
AlGaN	36		
AlN		40	46

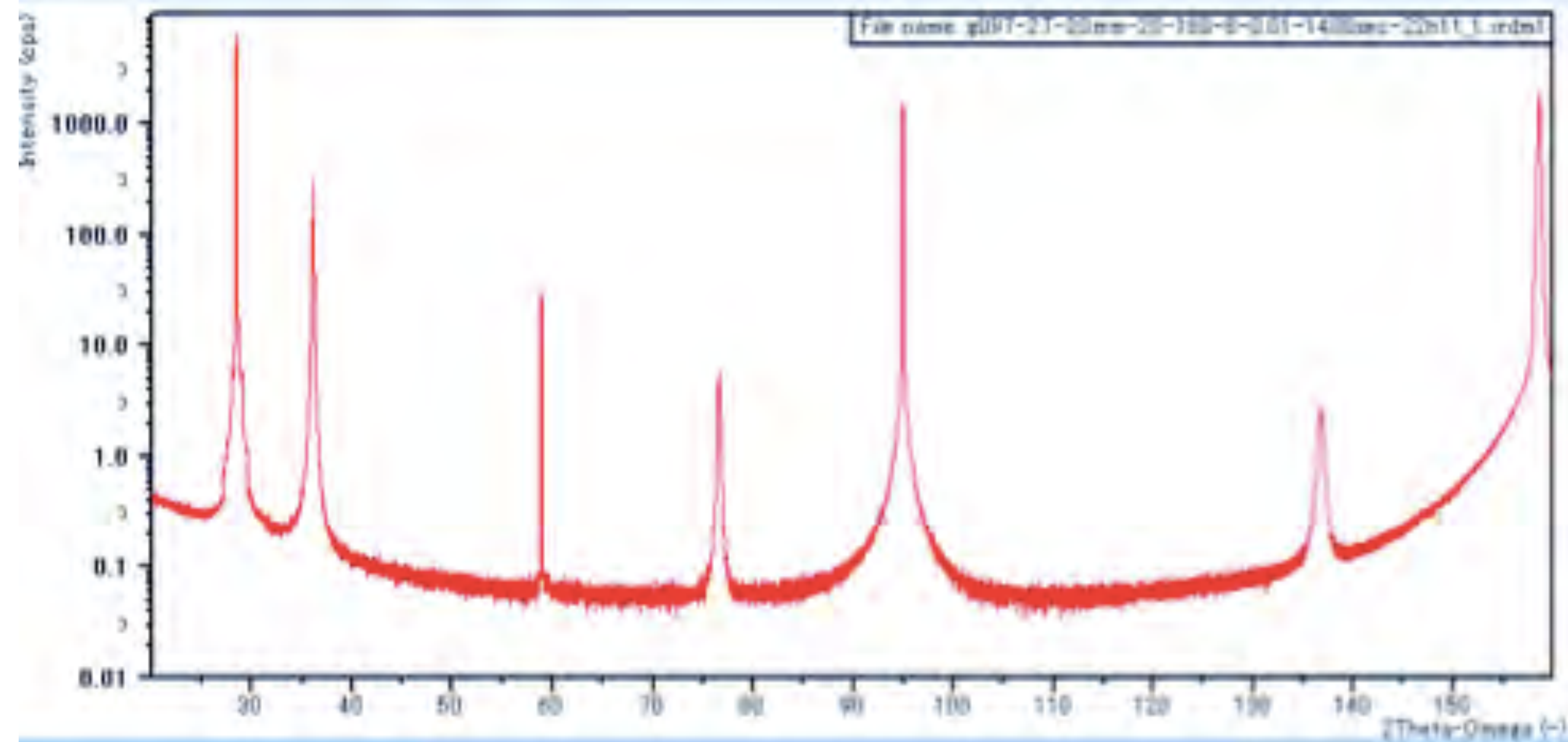
広域 $2\theta-\omega$ XRD

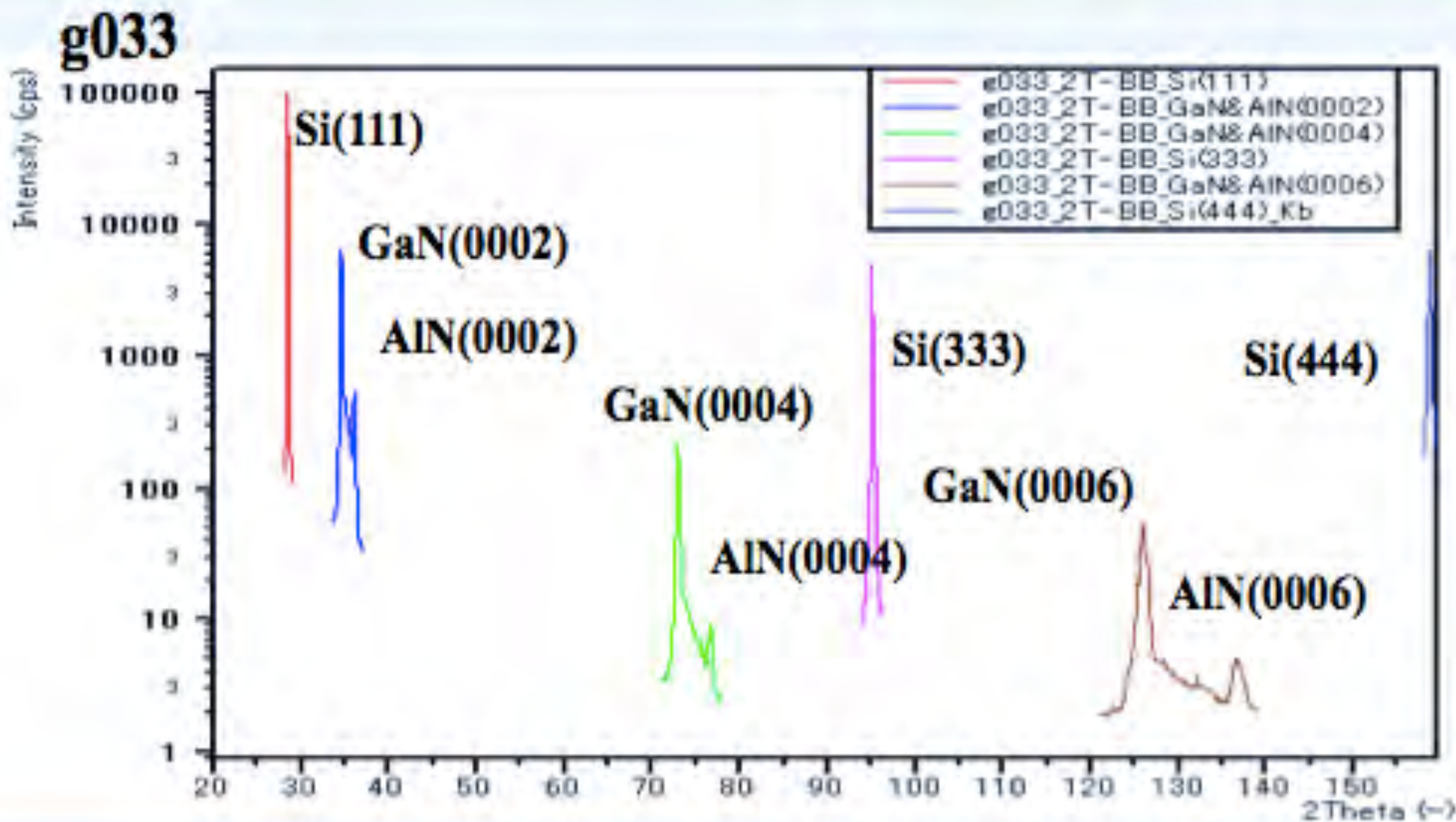
NCCG-45, 19-21 October
2015, Hokkaido University

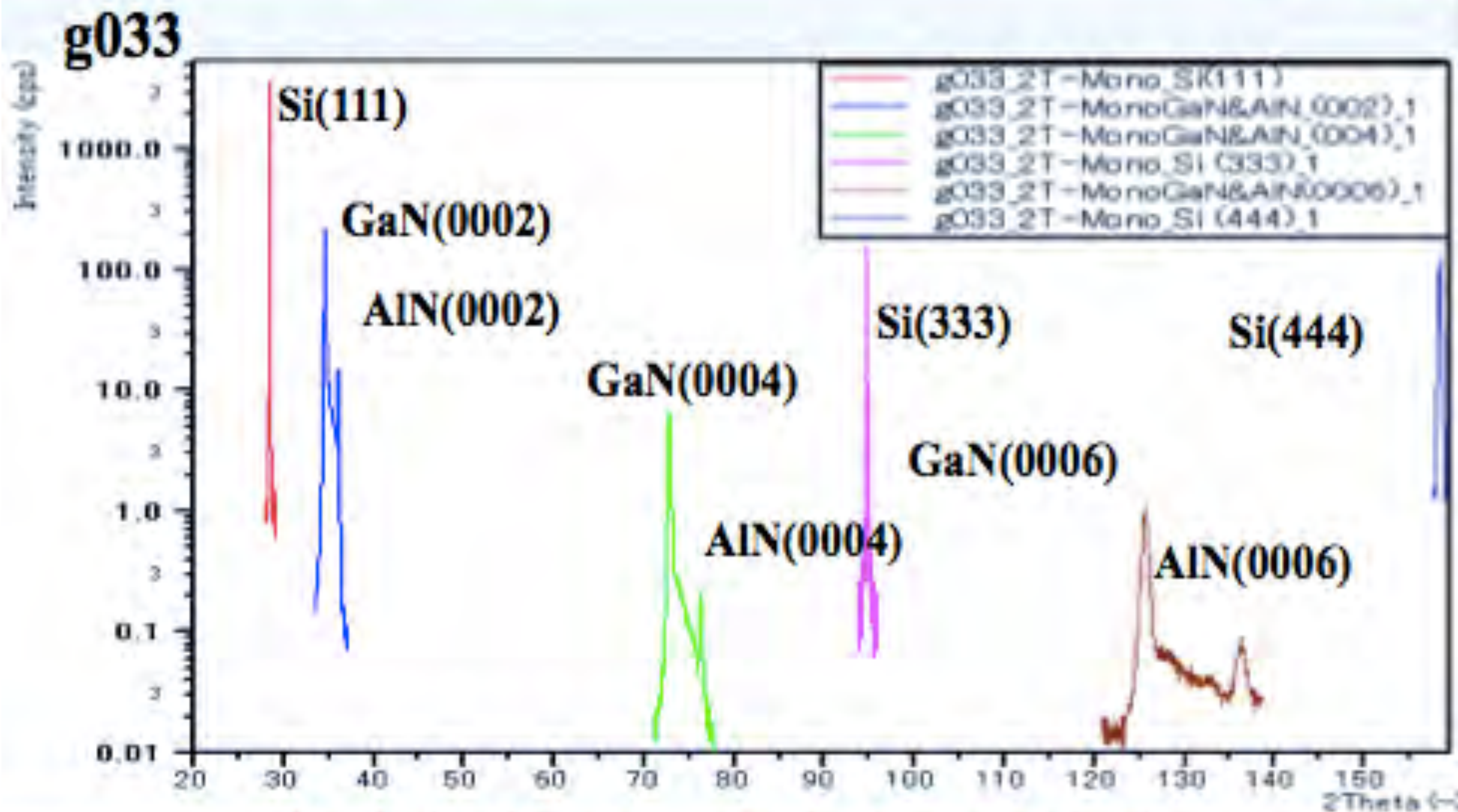


Doshisha University

2θ : 20 ~ 160 °





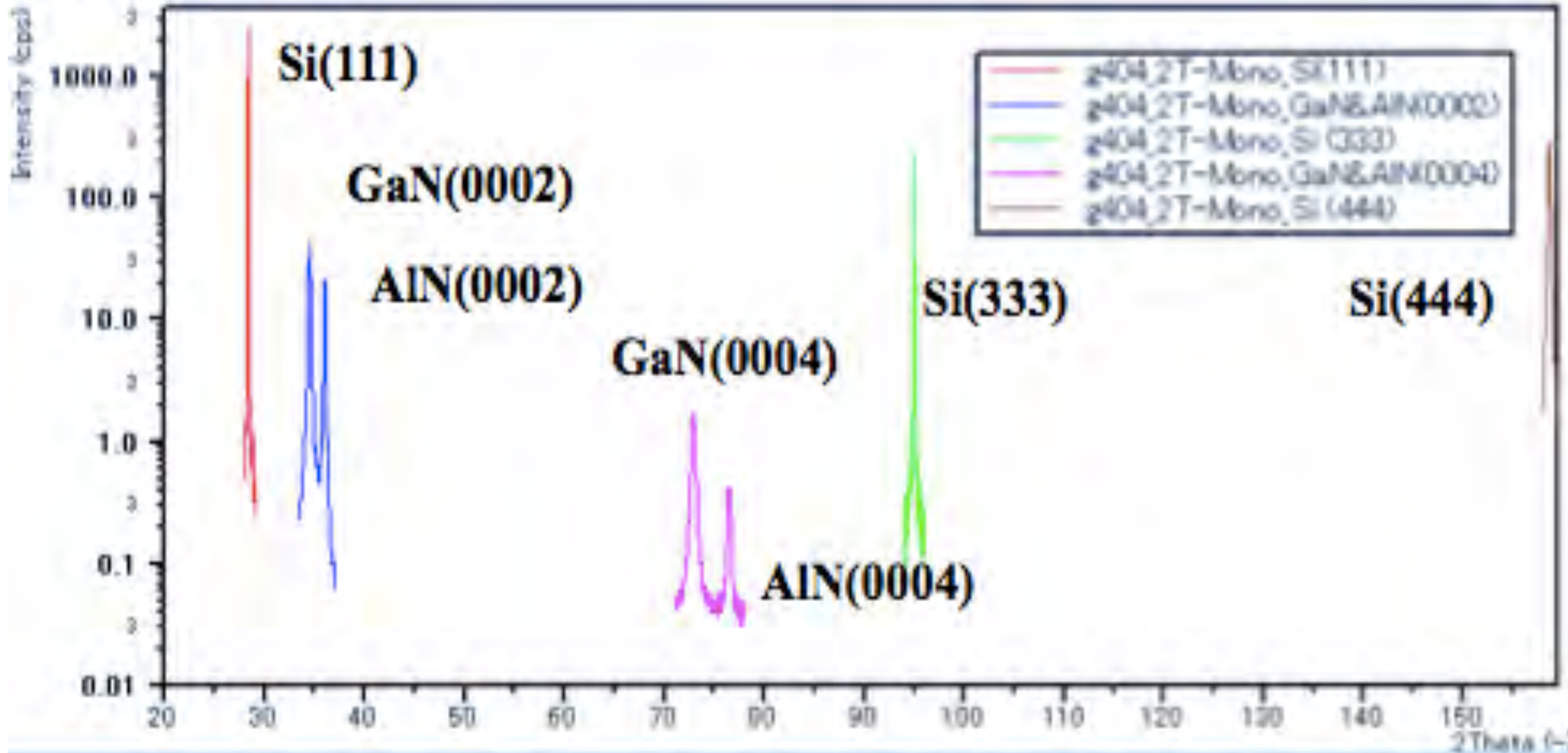


X線強度が弱い

測定時間長くなる

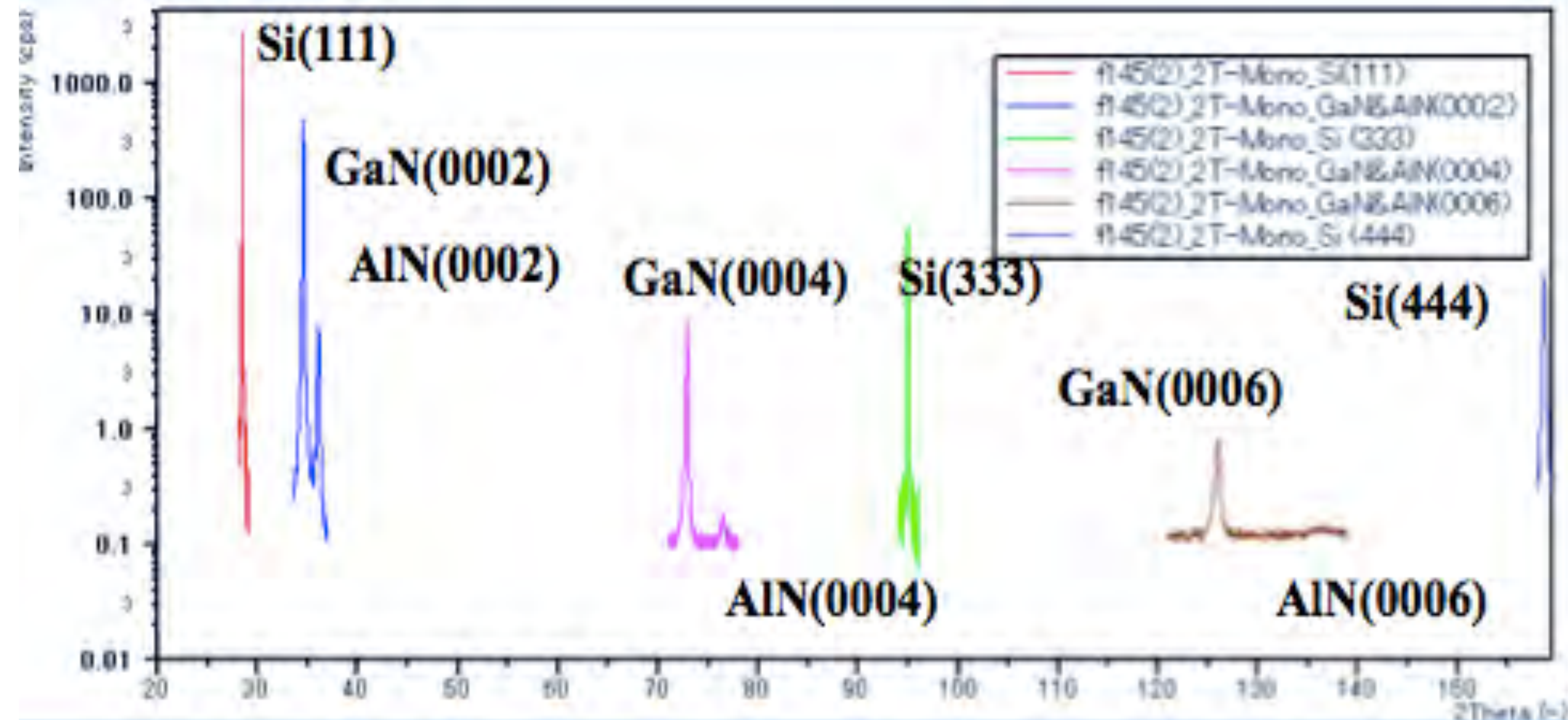


g404





f145

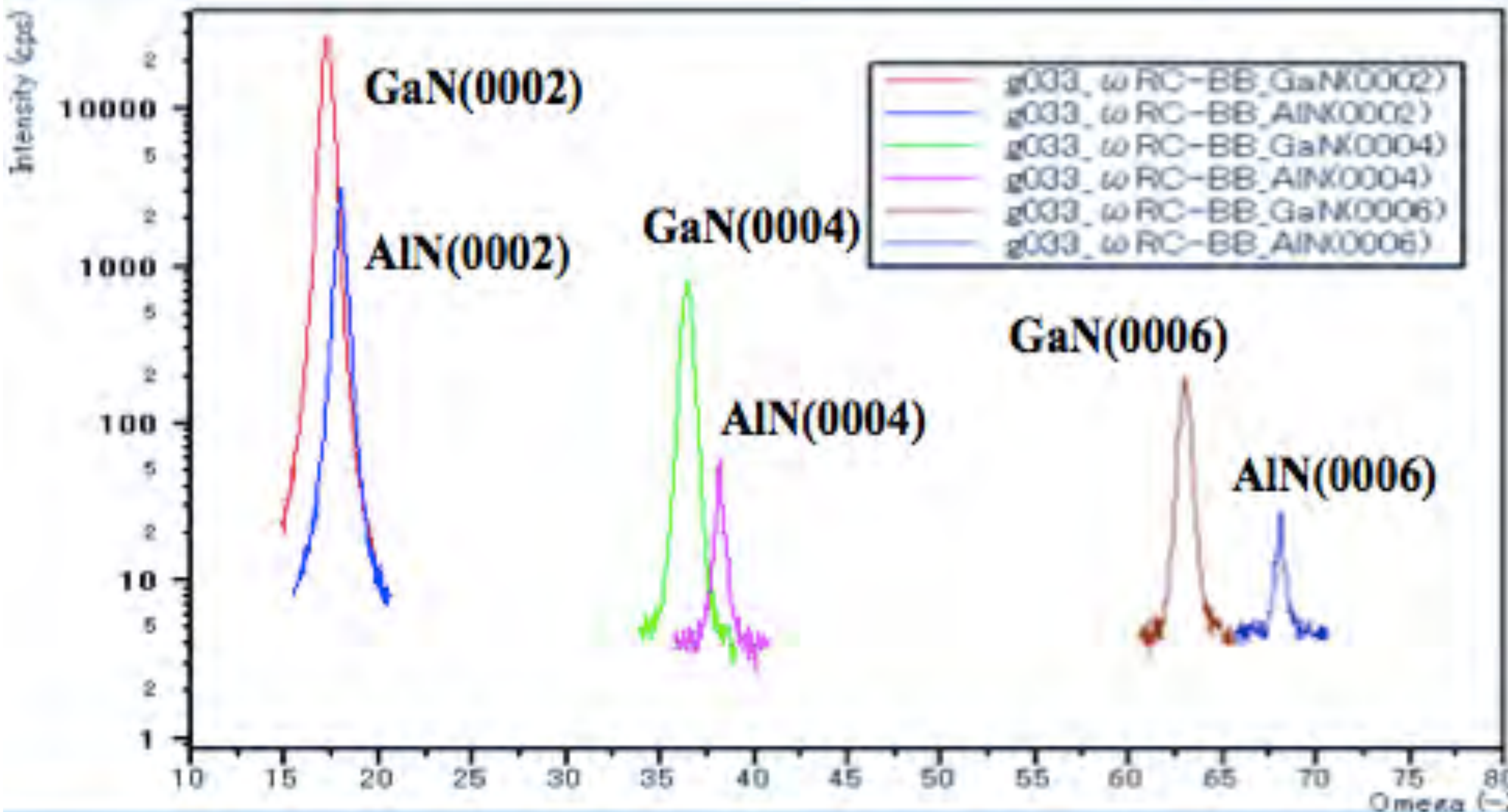


ω ロッキングカーブ g033

NCCG-45, 19-21 October
2015, Hokkaido University



Doshisha University

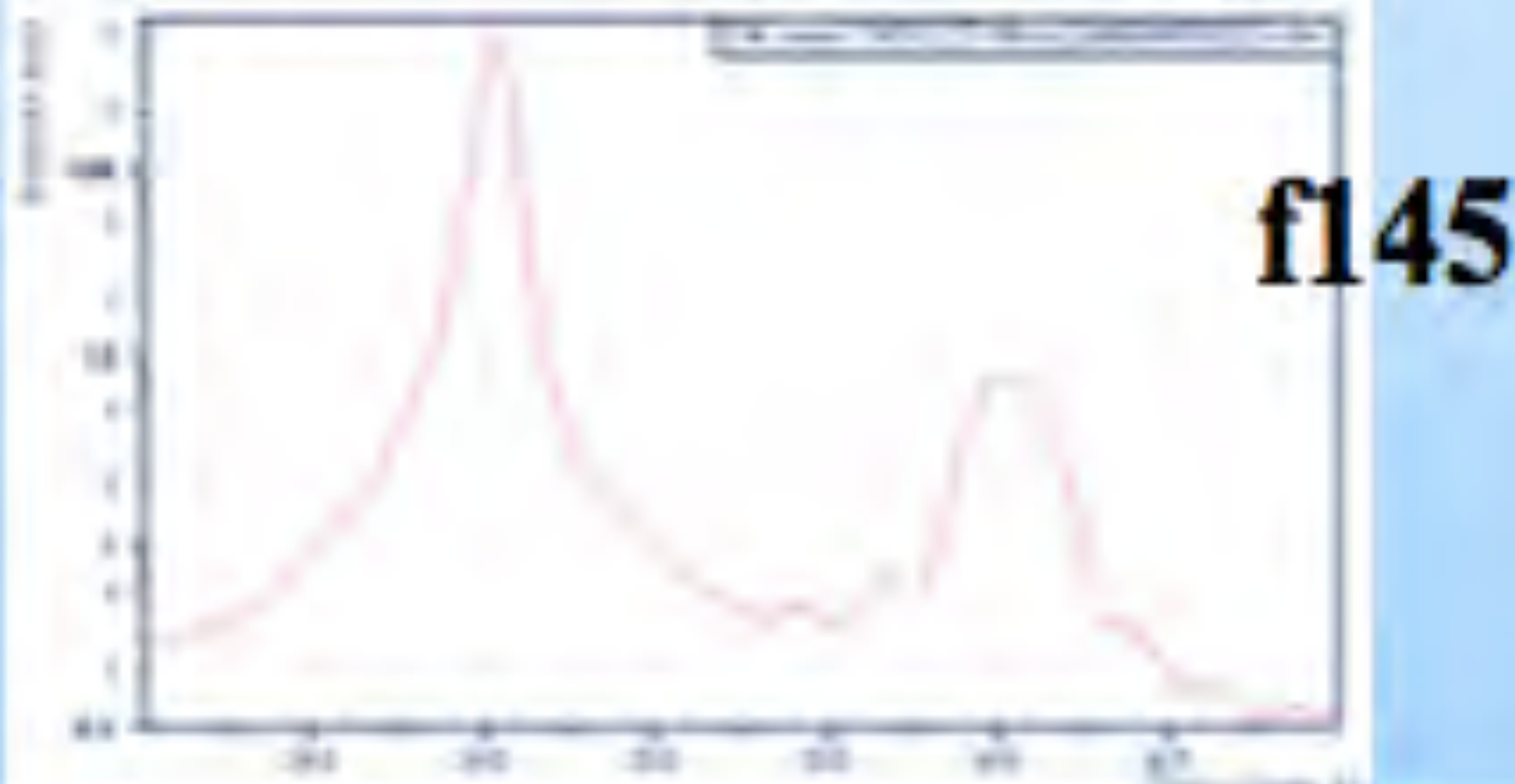
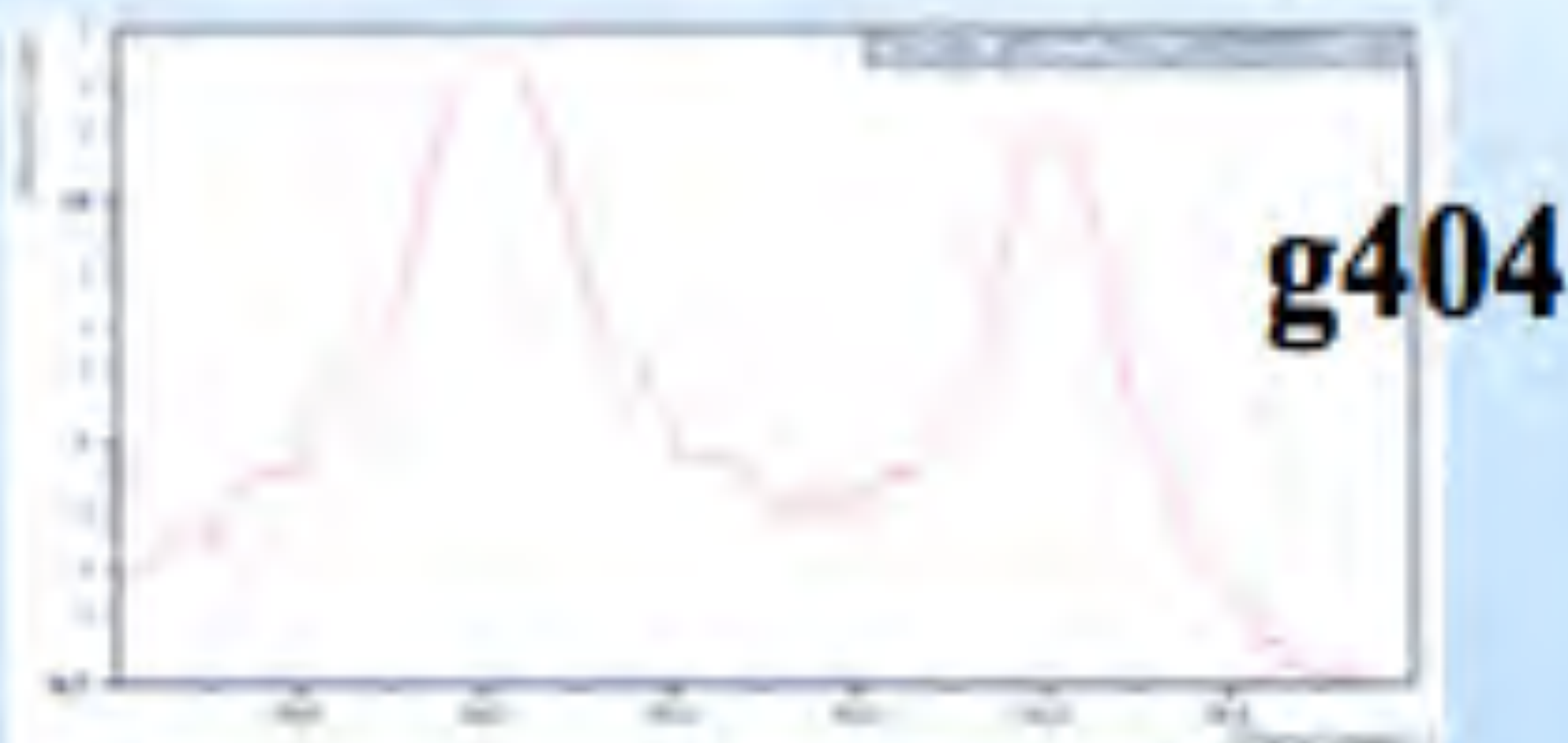
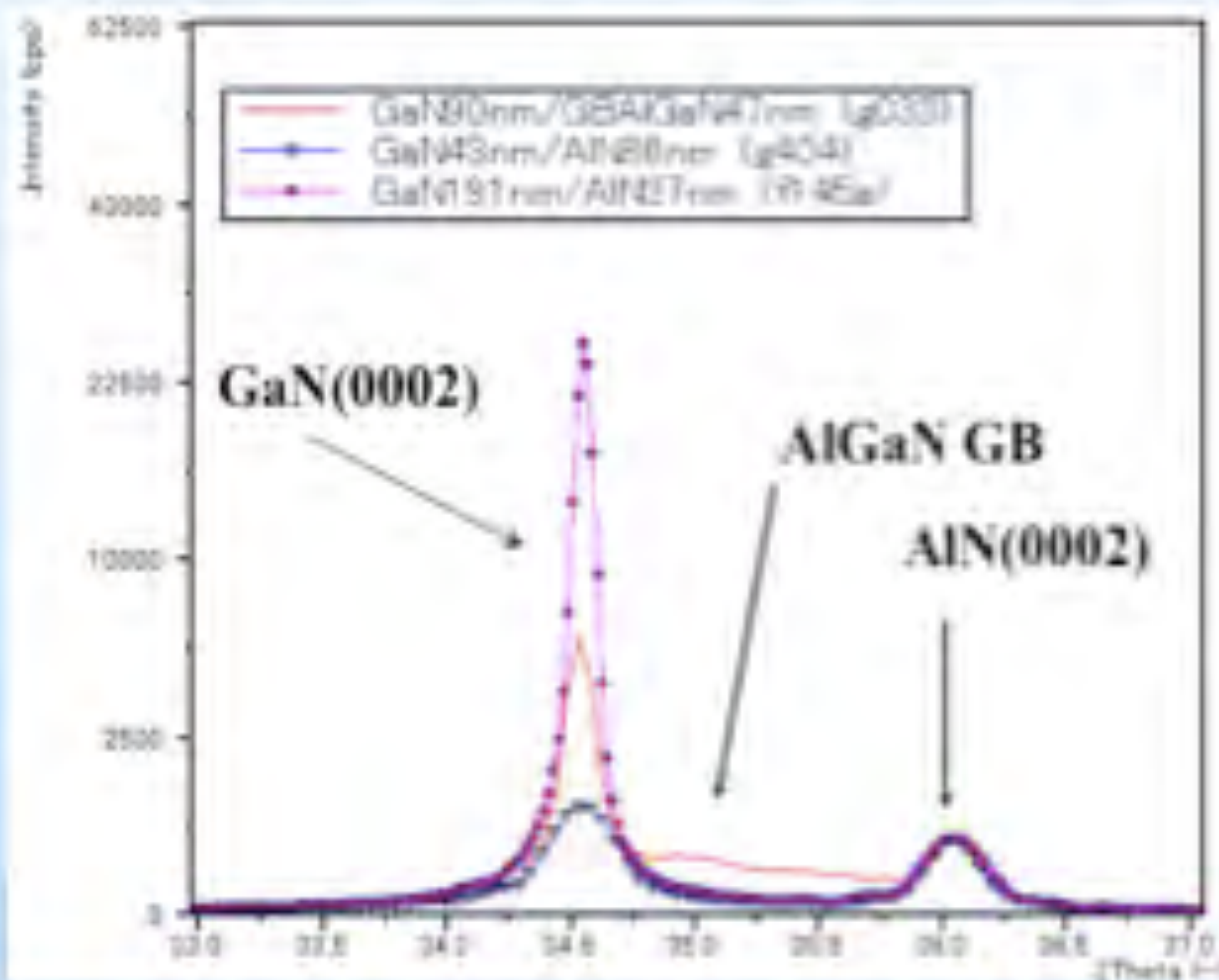


$2\theta - \omega$ XRD

NCCG-45, 19-21 October,
2015, Hokkaido University

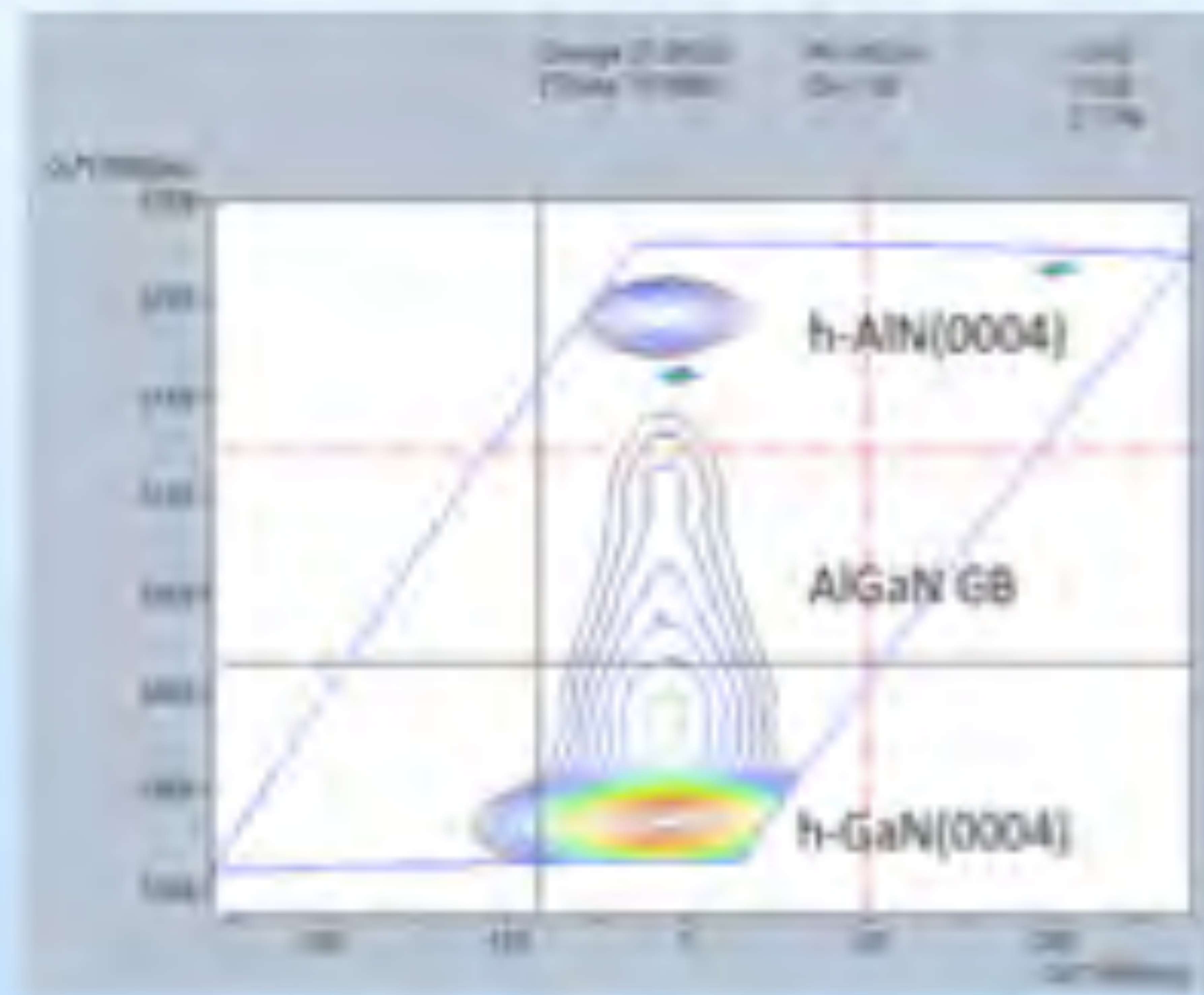


Doshisha University



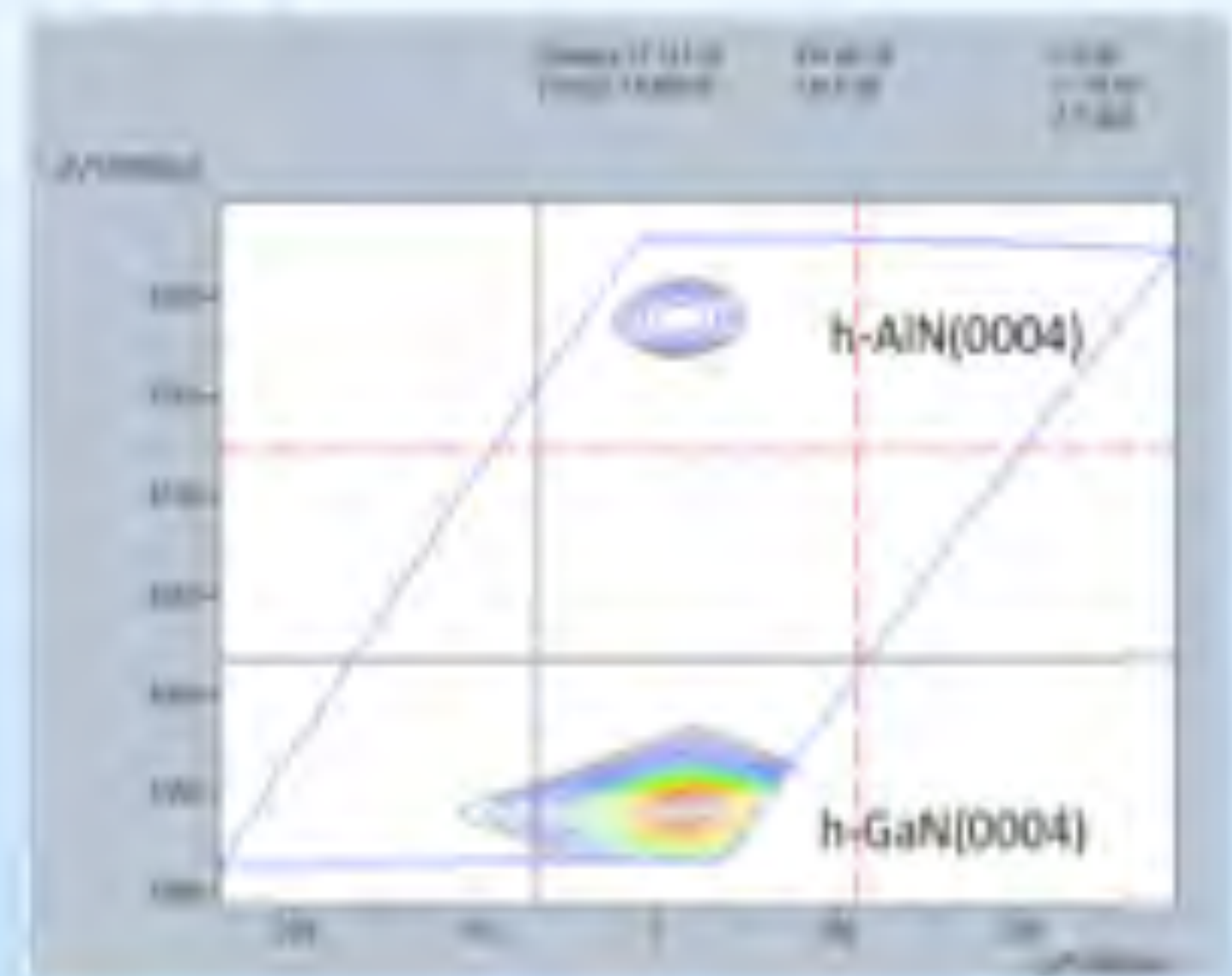


g033



GB GoS逆格子マッピング(0004)

g404



GoS逆格子マッピング(0004)



g033 Graded buffer

	GaN(0002)	AlN(0002)	GaN(0004)	AlN(0004)	GaN(0006)	AlN(0006)
ω	0.56	0.461	0.573	0.241	0.554	0.166
2θ	0.177	0.251	0.358	0.421	0.918	1.303

g404

	GaN(0002)	AlN(0002)	GaN(0004)	AlN(0004)	GaN(0006)	AlN(0006)
ω	0.857	0.698	0.855	0.567	0.882	0.403
2θ	0.281	0.232	0.511	0.47		1.1

f145

	GaN(0002)	AlN(0002)	GaN(0004)	AlN(0004)	GaN(0006)	AlN(0006)
ω	0.322	0.364	0.348	0.347	0.345	0.292
2θ	0.091	0.239	0.159	0.377	0.412	

	g033	g404	f145
GaN	90	43	191
AlGaN	36		
AlN		40	46



GaN on Si (GoS) 成長において

β Si_3N_4 とAINのダブルバッファー層のAIN成長にGaNの混在組成を順次増加させてGaN組成に変化させた後にGaN成長させることにより結晶性の良いエピタキシャル膜が成長した。

GaN結晶の厚みを増すとさらに結晶性が良くなると考えられる。