^ ¬ = ^ ® ® ° - ~ ¡ ¦J®=°² -- ¢=³j ¡~£±=±þ « ~ ² £ ° § ~ ª = ` - « ® - ± § ² £ = µ a £ ¬ ± § ² J§= §¬== ¡£§ª ª ± = µ § ² ¦ ¡ § ¤ £ = ` - « ® ° - « § ± £

v § « § ¬ = w ¦ ³ l = m ¦ K a
a § ° £ ¡ ² - ° = - ¤ = _ ~ ² ² £ ° · = C = c ³ £ ª = ` £
k ~ ¬ - ± · ± l = f ¬ ¡

k ` ` ^ s p ±b q£ r° ¢¥ · = p ² - ° ~ ¥ £ = C

` - « « £ ° ¡ § ~ ª = p ² ° £ ¬ ¥ ² ¦ = _ ³ § ª ² =
p ¡ § £ ¬ ² § ¤ § ¡ = _ £ ¢ ° - ¡ ©

p ¡ § £ ¬ ² § ¤ §

HARVARD
PENNSTATE
MIT
BERKELEY LAB
UCLA
Berkeley
Hebrew University of Jerusalem
CALTECH
COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK

¡ ` - « « £ ° ¡ § ~

SAMSUNG
LG Life's Good
SanDisk
intel
Micron
Rockwell Collins
SHARP
hynix
BYD 比亚迪股份有限公司 BYD COMPANY LIMITED

c - ³ ¬ ¢ £ ¢ = § ¬ = OMMN NM = v £ ~ ° ± = - ¤ = § ¬ ¢ ³ _ ~ ± £ ¢ = § ¬ = m ~ ª - = ^ ª ² -µ l§=² `¦ ^= ª £ ~ ¢ § ¬ ¥ = ¥ ª - a - « § ¬ ~ ¬ ² = ® ª ~ ² ¤ - ° « =b -¬¤² =£¤° ³§¬¬¢¥~=«§£¬² ²- ~= ªª § ~ ¬ ¢ = ~ ® ® ª § £ ¢ = ¬ ~ ¬ - ² £~ ¡¬ ¦¢ = ±ª¡ ~¥ª ·§=¬ f¥m= ² - = ¦

- b ¶ ¡ ª ³ ± § ´ £ = r ¬ § ´ £ °«±~§¬² ³· ¤ ~ ¡ ² ³ ° § ¬ ¥
- ° £ ª ~ ² § - ¬ ± ¦ § ® ± l ¬ = ® ~ ² ¦ = ² - = ~ ¡ ¦ § £
- ` ³ ° ° £ ¬ ² ª · = TRMH = ®~~¬² ¬£ ³¬~² ª±==µC§= ²~ ¦®§®¬±= R =

nanosys

k ~ ¬ - ± · ± = § ± = ² ¦ £ = i £ ~ ¢ § ¬ ¥ = ^ ° ¡ ¦ § ² £
j ~ ² £ ° § ~ ª ± = p - ª ³ ² § - ¬ = ` - « ® ~ ¬ ·

m° - ¡ ß£± ~ ¢ ·
^ ° ¡ ¦ § ² £ ¡ ² £ ¢ = j ~
p - ª ³ ² § - ¬ ± = j - ´ §
² - = i - ~ ¢ § ¬ ¥ = a - ¡

i § ¥ ¦ ² § ¬ ¥ = p - ª ³ ²

| ® ² § ¡ ~ ª = ¡ - « ® - ¬ £ ¬ ² ± = ² ¦ ~ ² = § « ® °
¡ - ª - ° = ¯ ³ ~ ª § ² · | = £ ¤ ¤ § ¡ § £ ¬ ¡ · = ~ ¬
° £ ¢ ³ ¡ £ = ¡ - ± ² = - ¤ = ± · ± ² £ « = ¤ - ° = i b
~ ¡ © ª § ¥ ¦ ² § ¬ ¥

b ¬ £ ° ¥ · = p ² - ° ~ ¥ £

` £ ª ª = ¡ - « ® - ¬ £ ¬ ² ± = ² ¦ ~ ² = § ¬ ¡ ° £ ~ ±
± ² - ° ~ ¥ £ = ¢ £ ¬ ± § ² · | = ¡ ~ ® ~ ¡ § ² · = ~ ¬
° £ ¢ ³ ¡ £ = ¡ - ± ² = ß - - ¤ = ± · ± ² £ « = ¤ - ° = i §
~ ² ² £ ° § £ ±

P

nanosys

f ¬ ¢ ³ ± ² ° § ~ ª = o £ ´ - ª ³ ² § - ¬

o ~ µ
j ~ ² £ ° §

m° - ¡ £
f ¬ ¬ - ´ ~

m° - ¢ ³ ¡

Process innovation, once

j ~ ² £ ° § ~ ª ± = o £ ´ - ª ³ ² § - ¬

j § ¡ ° - ± ² ° ³ ¡ ² ³ ° £

Archite
j ~ ² £ °

m ° - ¡ £
f ¬ ¬ - ´ ¬

m ° - ¢ ³

Value shifting to novel, tunable materials

k~¬-±·±J£a=p®ª³²§-¬

Similar feel to graphite,
e.g. tap density similar to
graphite powder substrate

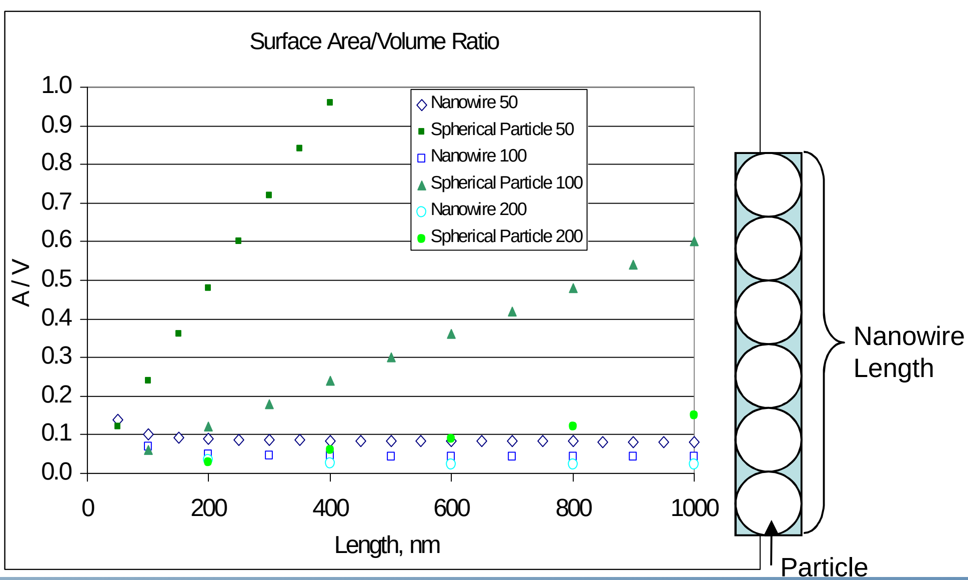
- e§¥¦=´-ª³«£=®°-¢³¡²§-¬=®°-¡£±±=³±§¬¥= ~²²£°·=¥°
  `-±²=£¤¤£¡²§´£
  - e§¥¦=p§=³²§ª§¸~²§-¬
  - f«®°-´£±=¢§±®£°±§-¬=µ§²¦§¬=±ª³°°·=~¬¢=¢°-®=
  - p§=¡-¬¢³¡²§´§²·=§«®°-´£«£¬²
  - p§=t£§¥¦²=B=§±=¡-¬RMM=¼=«NSMM=¤-¡³±§¬¥=-¬
  - e§¥¦=£ª£¡²°-¢£=ª-~¢§¬¥l=§K£K=[NKR¥L¡¡
  - d--¢=¡·¡ª§¬¥=®£°¤-°«~¬¡£l=¡·¡ª£¢=[NMMM=²§«£

p § k ^ k l ¢ £ W= R M M= ¼ = N S M M= « ‘

k ~ ¬ - ± · ± = p § k ^ k l ¢ £ = ´ ± K = p §

Nanosys Exploit Advantages & Defeat Potential Problems of Si Nano -materials

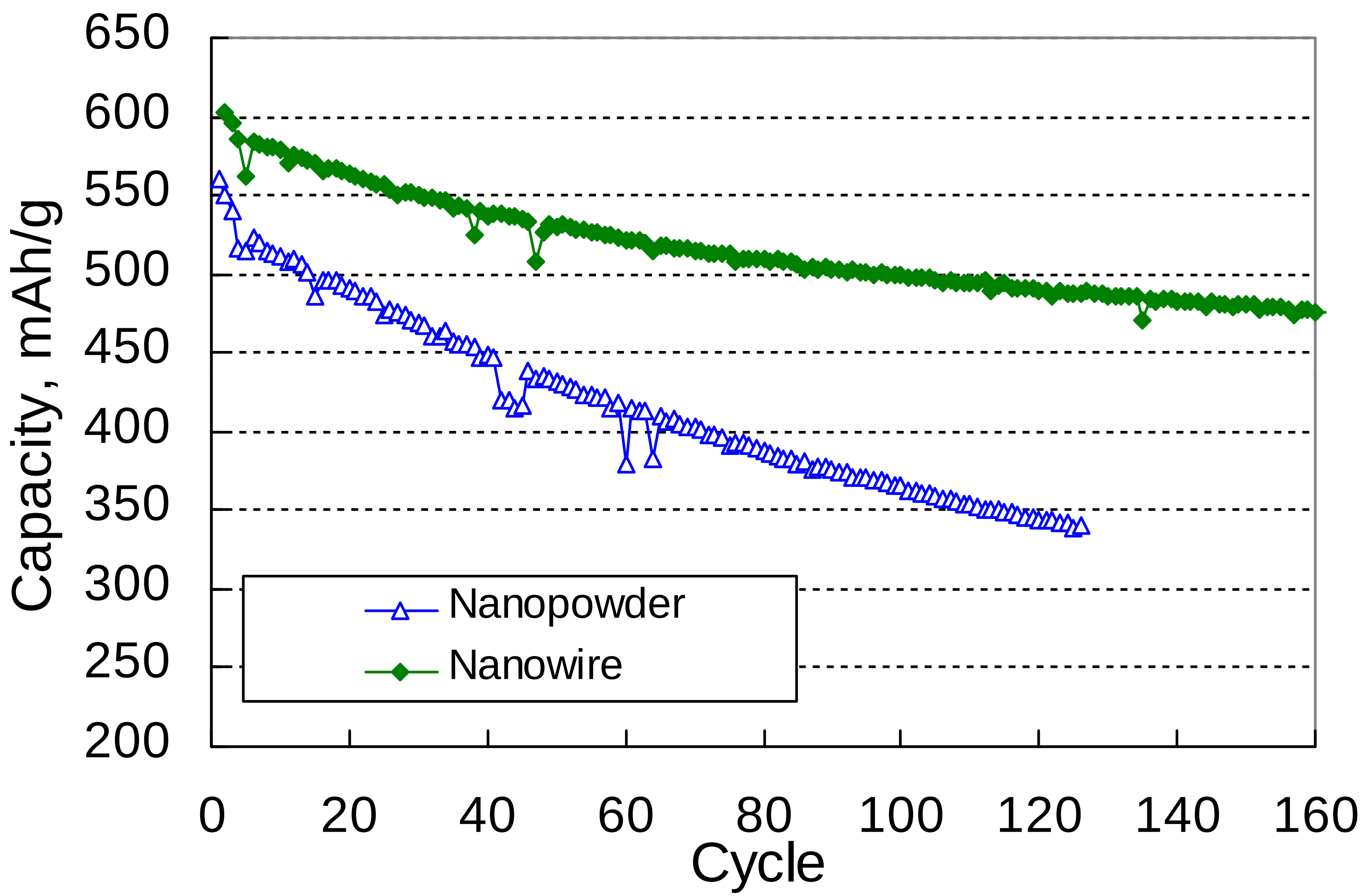
Nanosys SiNANOde	Other Si Particle/Porous Si
Low A/V & Intact NW after cycling	High A/V; defects
Pack density similar to graphite	Pack density lower than graphite
Can be mass -produced with a competing cost & high Si utilization	q ¦ £ = ± ² ° ³ ¡ ² ³ ° £ ¢ = ¬ ~ ¬ - « ~ ² £ « ~ ¥ § ¡ = § ¬ = ² ¦ £ = ª ~ = ³ ² = ² ¦ ~ ¬ ¢ = £ ¶ ® £ ¬ ± § ´ £ = ² - = ¡ - « « £ °



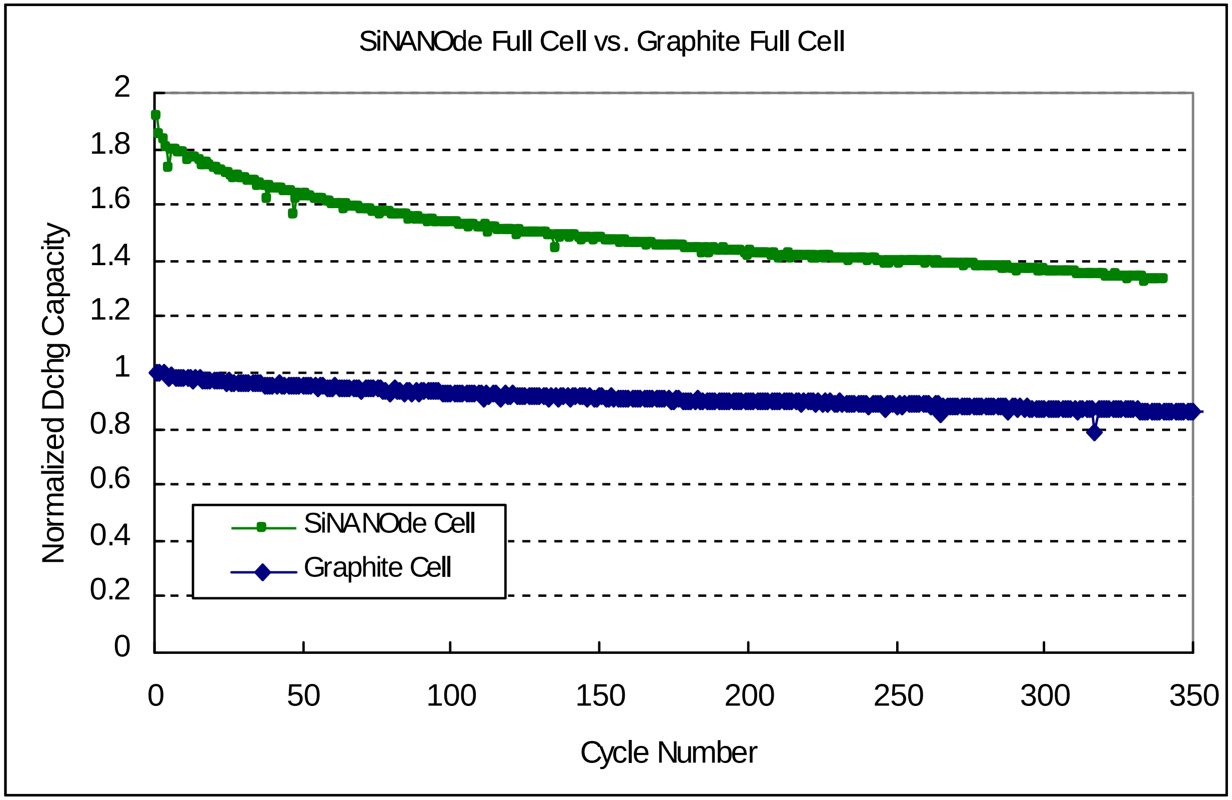
- The nanowire has lower surface area/volume ratio, A/V, compared to the nano-particle or nano-porous powder with the same diameter.
- Reduction in particle diameter results in the A/V ratio much lower for nanowire vs. spherical particle, and hence the nanowires have lower surface reactivity and better cycle life.

p § k ^ k l ¢ £ = ´ ± = ` - « « £ ° ¡ § ~ ª k ~ ¬ - ® - µ ¢ £ °

Full cells w/ 8% Si: Nanowires vs. nanopowders

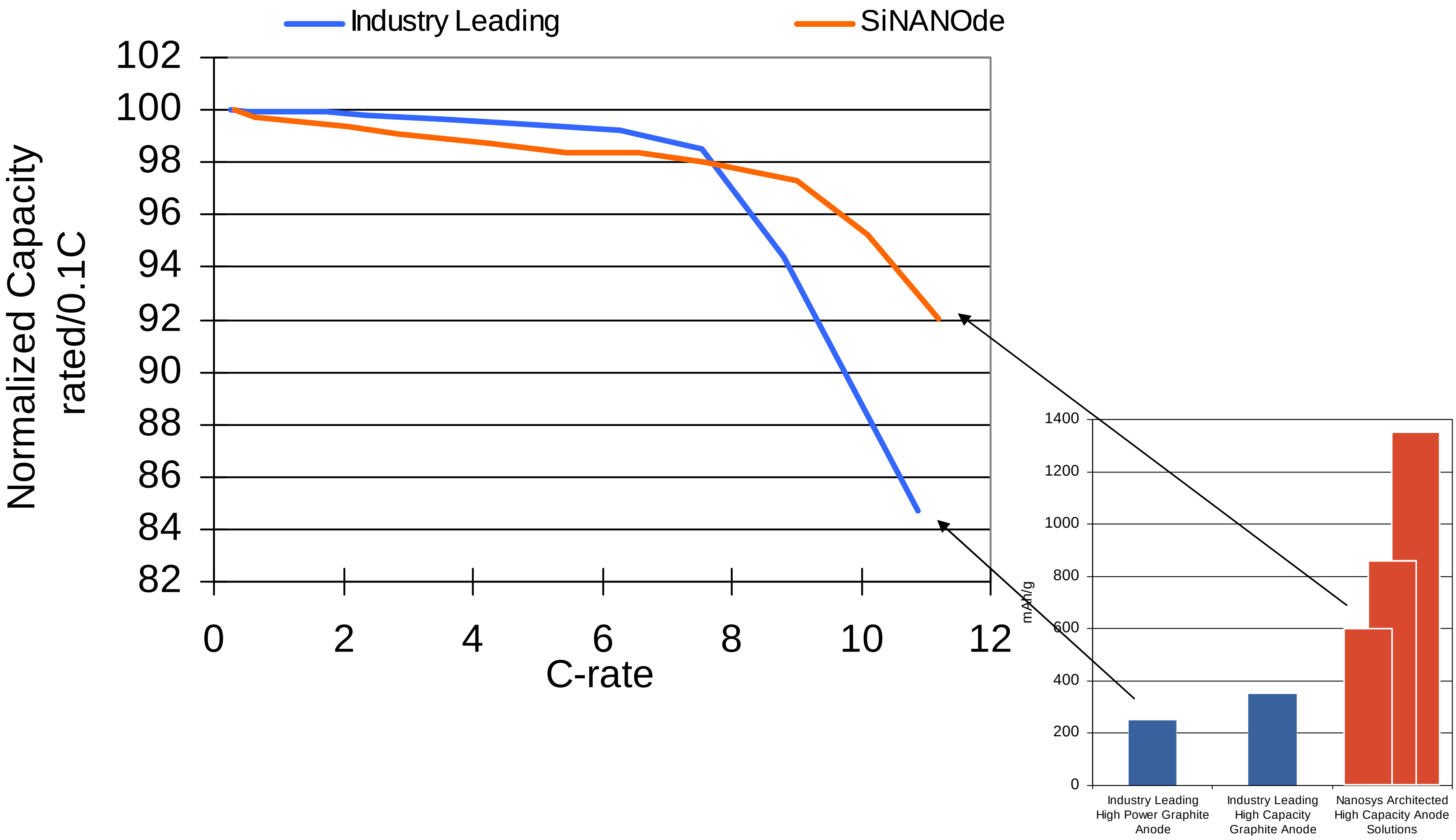


c ³ a a = ` £ a a W= p § k ^ k l ¢ £ = ´ ± K d ° ~ ®¦ § ² £



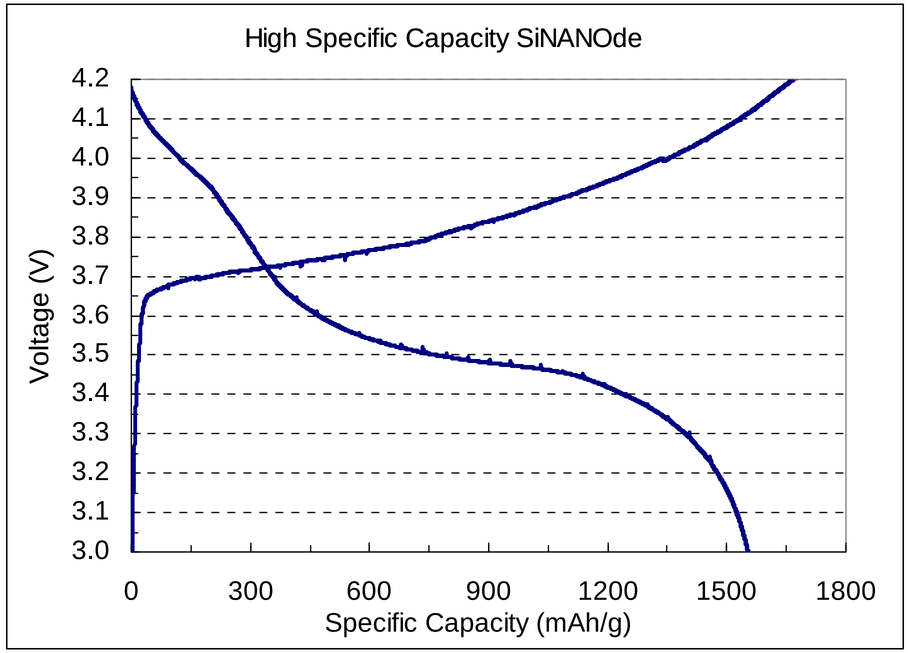
- Full cells with a baseline cathode (LCO) & a SiNANOde exhibited ~350 cycles at ~76% capacity retention, which still showed much higher anode -specific capacity over graphite anode.

k - ° « ~ ª § ¸ £ ¢ = ` ~ ® ~ ¡ § ² · = ~ ² :
` Jb ~ ² £



Industry Leading
SiNANOde
Normalized Capacity rated/0.1C
102
100
98
96
94
92
90
88
86
84
82
0
2
4
6
8
10
12
C-rate
mAh/g
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Industry Leading High Power Graphite Anode
Industry Leading High Capacity Graphite Anode
Nanosys Architected High Capacity Anode Solutions

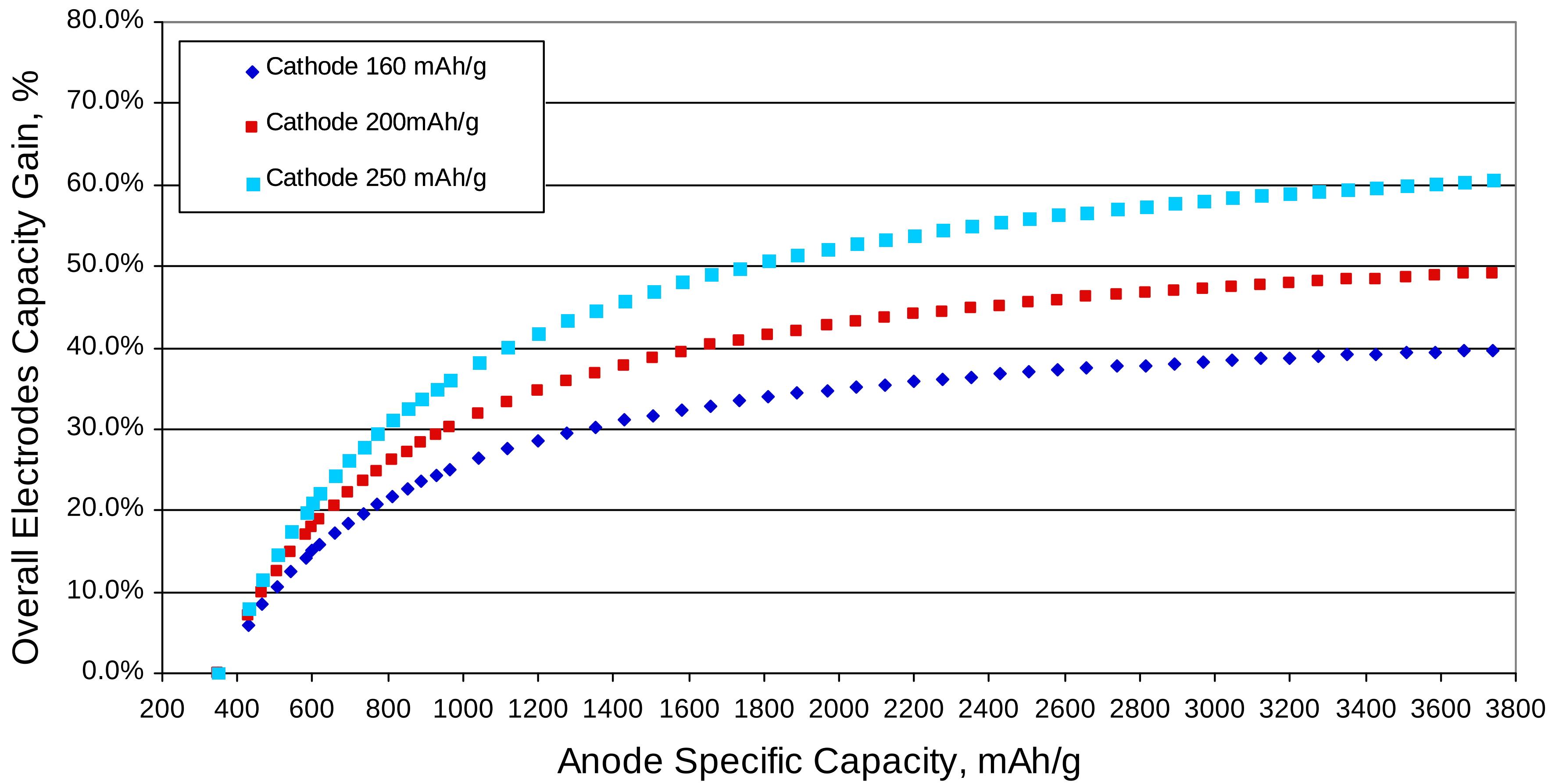
SiNANOde Full Cell Voltage Profile



- A typical slope-like charging voltage profile between 3.0 and 4.2V with a shoulder at 3.8~3.9V.
- During discharging a clear Si capacity plateau around 3.4~3.5V
- The full cells can be operated in a typical voltage range of 3 ~ 4.2V

Enhanced SiNANOde Capacity
- ICE of >92% even for a SiNANOde with a reversible capacity of ca. 1678mAh/g.

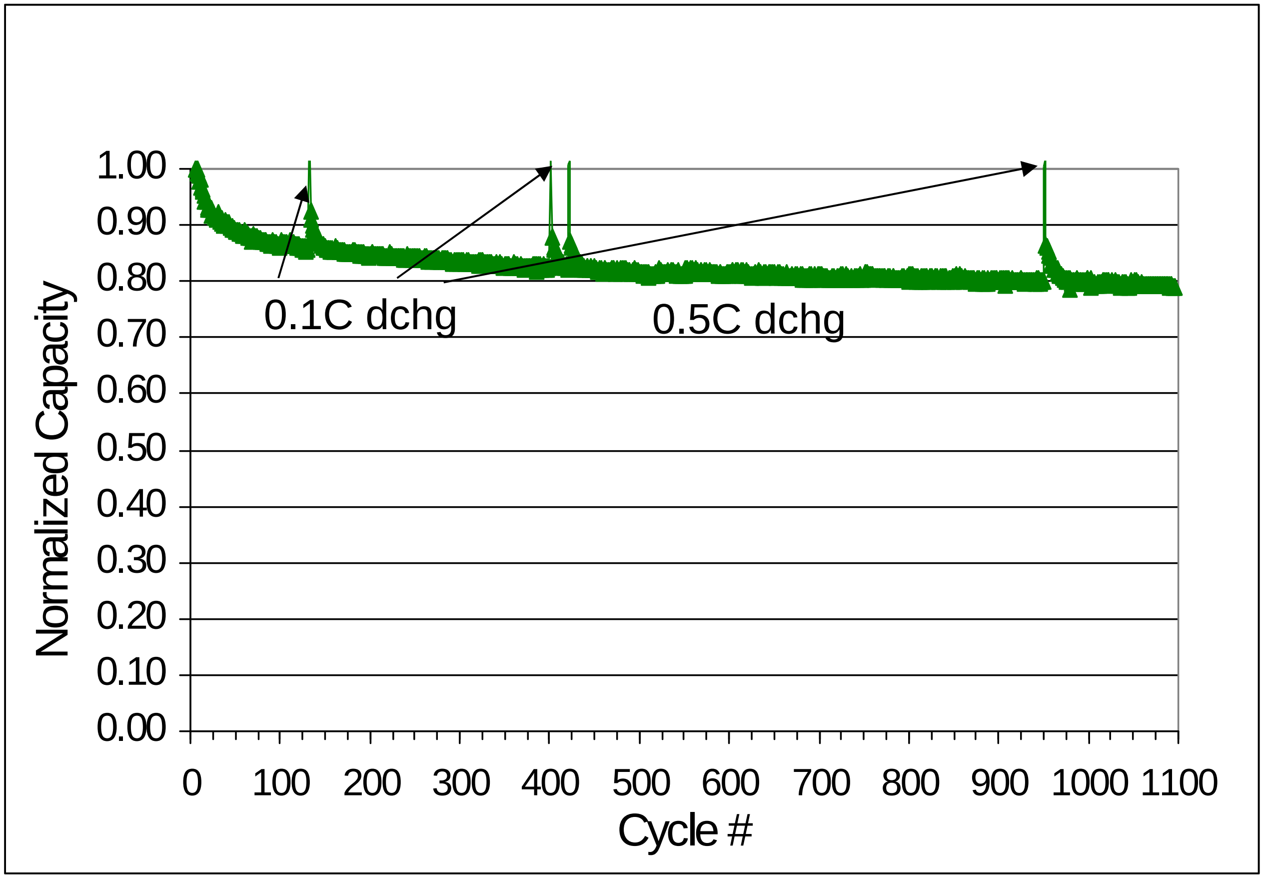
Full Cell Overall Electrodes Capacity Gain



Overall cell electrodes capacity can be
when used 900~1600mAh/g SiNANOde a

[NMMM¶ = ` · ¡ ª £ = i § ¤ £ l = UMB = º £ ² ¡ £ ª ª

NUSRMN==`r£±ª§ª¬ ¥ = p § = ¡ - « ® - ± § ² £



k - º « ~ ª § ¸ £ ¢ = ` ~ ® ~ ¡ § ² ·

- The 18650 cell was build with 4.8mAh/cm^2 Si anode
- More than 1100 times at 0.5C discharge current.
- After 135, 400, 425, and 950 cycles the cell was checked at 0.1C showing that the capacity can be recovered at such current.

p b j = ` ¦ ~ ° ~ ¡ ² £ ° § ¸ ~ ² § - ¬ = - ¤
p § k ^ k l ¢ £ = m- ± ² = ` · ¡ ª § ¬ ¥

m ° § - ° = ² - ‡N M¦¡ ¡ ª ¡ § £ ¹ ¥N M¦M · ¡ ª

p § k ^ k«l~¢²££ ° § ~ ª = ¢ £ ¤ - ° «
~ ° £ ~ ± = § ¬ = ¡ ~ ° - ¬ = ~ ¬ - ¢

p § k ^ k«l~¢²££ ° § ~ ª = ° £ « ~ § ¬
¤ ³ ¬ ¡ ² § - ¬ ~ ª = ª ¤ ² £ § = ¥ M M

f ¬ ² £ ¥ ° ~ ² £ ± = § ¬ ² - = b ¶ § ± ² § ¬ ¥ = _
j ~ ¬ ³ ¤ ~ ¡ ² ³ ° § ¬ ¥ = m° - ¡ £ ± ± £ ±

p § k ^ k l ¢ £ = m£ ° ¤ - ° « ~ ¬ ¡ £ p ³ « « ~ ° ·

b ¶ ¡ £ ª ª £ ¬ ² = ® £ ° p § k ^ k l ¢ ¡ £ £ = « ~ ² £ ° § ~ ª = § ¬ = ® ~ ° ² ¬ £ ° = ¤ ³

N ² ¡ · ¡ ª £ = £ ¤ ¤ § ¡ § £ ¬ ¡ · = V P B

e § ¥ ¦ = p ® £ ¡ § ¤ § ¡ = ~ ¬ ¢ = ´ - ª ³ « £ ² ° § ¡ ` ~ ® ~ ¡ § ² · W = P M M ¼ Q M M = t ¦ L © ¥ = - ° T M M ¼ U M M = t ¦ L i

` - ¬ ² ° - ª ª £ ¢ = ± ® £ ¡ § ¤ § ¡ = ± ³ ° ¤ ~ ¡ £ = ~ ¬ ¢ = « § ² § ¥ ~ ² £ ¢ = ± § ¢ £ = ° £ ~ ¡ ² § - ¬ ±

e § ¥ ¦ = ~ ¬ ¢ = ± ² ~ ª £ = ¡ - ³ ª - « § ¡ £ ¤ ¤ § ¡ § £ ¬ ¡ðà = £ ² £ £ ° = ¡ · ¡ ª £ ± ¡ · ¡ ª £ = ª § ¤ £

Team Battery at Nanos

Nanosys Funded Proje

Support from the U.S.
of Energy

n ³ £ ± ² § - ¬

c - ° = « - ° £ = § ¬ ¤ - ° « ~ ² §

¦ ² ² ® WL L µ µ µ K ¬ ~ ¬ - ± · ±