

令和元年6月21日現在

機関番号：11401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14059

研究課題名(和文)連続積層水素化アモルファスシリコン薄膜と人工色素分子による可視光認識素子の研究

研究課題名(英文) Study on visible light recognition element using sequential deposited hydrogenated amorphous silicon film and artificial pigment

研究代表者

辻内 裕 (Tsujiuchi, Yutaka)

秋田大学・理工学研究科・講師

研究者番号：70250868

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：半導体水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)と色素分子、ゲル固体電解質で「人工のフォトニックシステム」を作製し研究を実施した。ペプチド分子とレチナル分子から再構成した人工色素分子としてバクテリオロドプシン蛋白質の再構成分子の光反応解析、中間体生成の反応速度論的解析を行った結果、天然型分子と同様に人工色素分子でも中間体が生成すること、分子内二次構造間相互作用の変化が構造と中間体の生成量の相関に係る知見を得た。また、イオン伝導整流機能のあるゲル固体電解質が水素含有量の異なる2層の(a-Si:H)薄膜連続積層膜上で、水素含有量の違いで光照射イオン伝導整流制御に有効であるという知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で実施した半導体と色素分子、半導体とゲル固体電解質による「人工のフォトニックシステム」の光吸収特性の微細構造制御、光照射によるイオン電流の制御の実験結果から、制御可能性についての知見を詳細に得ることができた。得られた成果は蛋白質の微細機能制御の基礎的な理解に役立つと同時に、将来人工的な網膜として利用できるデバイスの研究や光制御によるイオン伝導整流素子のセンサや酵素反応制御など様々な用途開発に役立つものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study on visible light recognition element using sequential deposited hydrogenated amorphous silicon film, artificial pigment, and artificial gel electro chemical element was conducted. The result of photo reaction analysis of reconstituted bacteriorhodopsin protein constituted from retinal and peptides, revealed that the reconstituted bacteriorhodopsin protein has not only the same photo reaction but also new type of photo reaction depend on the inter secondary structures. The result of photo irradiation analysis onto ion current rectification property of artificial gel electro chemical element, revealed that hydrogen content change in second layer of hydrogenated amorphous silicon film is effective for increase the ion current rectification property.

研究分野：分子エレクトロニクス

キーワード：水素化アモルファスシリコン 色素 蛋白質 電気化学素子 光制御 イオン電導整流



02□□

2[F]□

22F□

MLS9□

(□)

130K

> a-Si:H>

2

□

22□

1 (a-Si:H)-

(a-Si:H)-

4) (a-Si:H)-

(a-Si:H)-

Ar

H<sub>2</sub> b

880

KS

1 >

Mul ti Later & a-Si:H>

0ZA

Mul ti Later & a-Si:H>

4(K

000K

S

1 > 1

b

1

00

1 > 2

0i

00

(0)

00

00

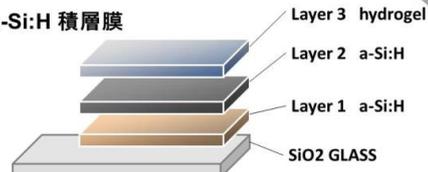
064

00

00

00

図4 a-Si:H 積層膜



	sample 1	sample 2	sample 3
Layer 2	H <sub>2</sub> - 0%	H <sub>2</sub> - 20%	H <sub>2</sub> - 40%
	60s	60s	60s
	16.2nm	16.2nm	16.2nm
Layer 1	H <sub>2</sub> - 20%	H <sub>2</sub> - 20%	H <sub>2</sub> - 20%
	300s	300s	300s
	81nm	81nm	81nm

a-Si:H

図5

Multi Layer a-Si:H 薄膜によるナノスケール  
有機分子機能制御膜の上に  
レチナル+荷電アミノ酸配置  
ペプチド複合膜を作製

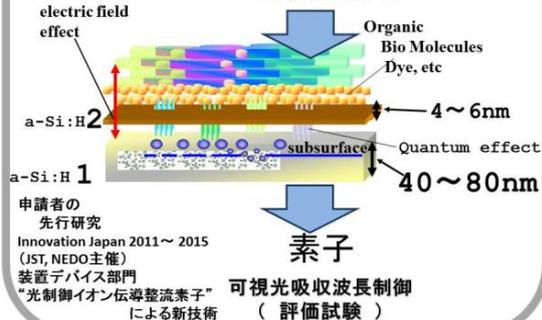
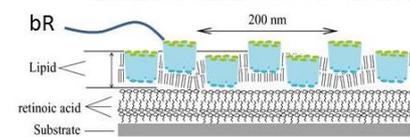


図6

生体膜の曲率に近い独自の有機  
積層膜内の励起エネルギー移動現象

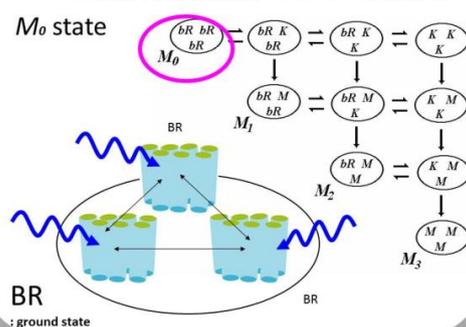


膜タンパク質であるbRタンパク質を生体膜の  
曲率に近い独自の有機積層膜内に配置して  
励起エネルギー移動現象を測定する例

Mul ti Later & a-Si:H>

図7

3量体における反応速度論的解析および  
量子効率測定と励起エネルギー移動解析



(a-Si:H)- $\gamma$   $\gamma$

Lys 4 (K)

6.990E  
\$ (6°  
220

220

(00)

a-Si:H(00)

6)

8280i 11(8)

0)

a-Si:H(00)

10)

Se

(00)

(SS6)

11) S(

8 08

00

310)

OS)

100M)

OS

9 [21e

[3]

(SSS)

0

8)

100S)

0

2)

M

310)

80S)

10

0

(SSS)

6)

2S)

M

310)

8

8)

M

MS)

11 eS

a-Si:H(0 S8)

20)

OS)

[21e

[2]

-

02(00)

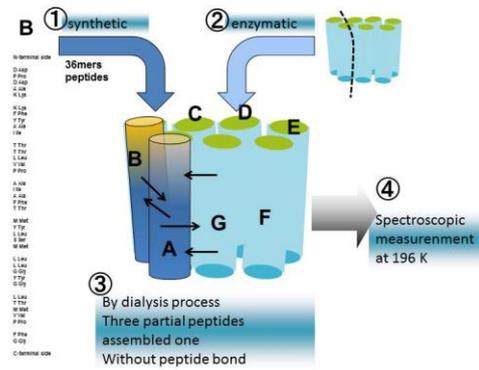
(a-Si:H)- $\gamma$

S

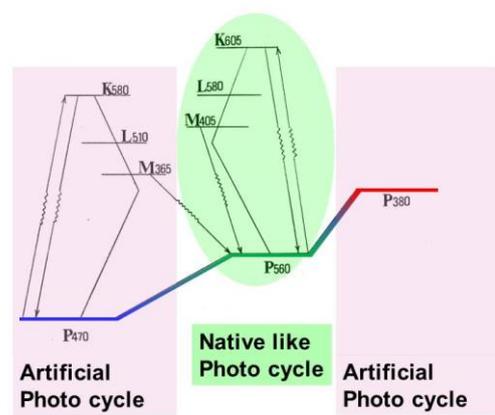
(80S)

12

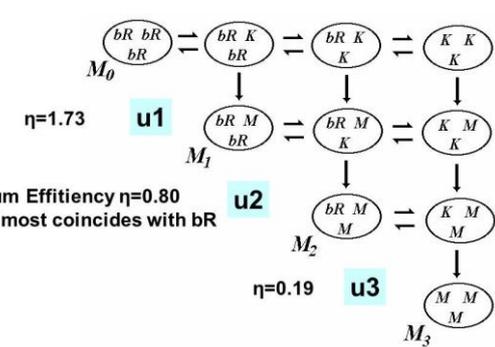
(0i0)



00 (00S)



0 (08  
S 6  
2S (S0  
8S



00 00 20  
S( M 8100 )  
00 20  
80S

3 3  
110 3

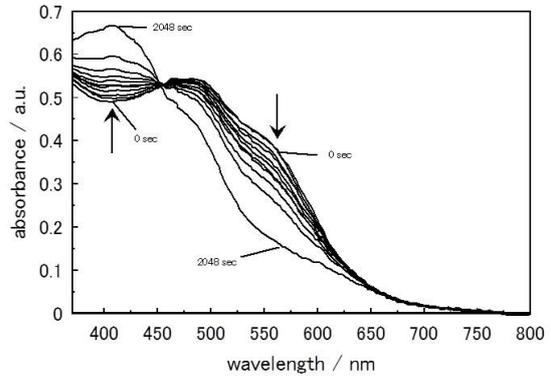
[1] Yutaka Tsujiuchi, Makoto Horigane, Takahiko Sano, Takaaki Ichikawa, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Visible light inducible voltage current property of hydro gel on laminated hydrogenated amorphous silicon film, Japanese Journal of Applied Physics, 1w 57, (2018) 03EK06.

[2] Yutaka Tsujiuchi, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, M intermediate accumulation analysis of bacteriorhodopsin reconstituted with three partial peptides, Journal of Physics, 1w Vol. 924, (2017) 012016  
(doi :10.1088/1742-6596/924/1/012016)

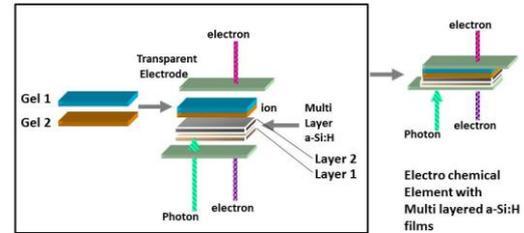
[3] Yutaka Tsujiuchi, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Rate Constant Change of Photo Reaction of Bacteriorhodopsin Observed in Trimeric Molecular System Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 1w Vol.16, (2016) 3431-3435.

5 5

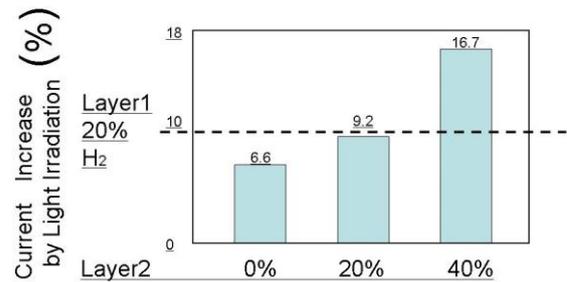
[1] Koki Shimanaka, Makoto Horigane, Shotaro Minato, Miku Kaneta, Norimi Takahashi, Shota Murakami, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Yutaka Tsujiuchi, Ultra violet visible light conversion system and gel electrochemical element for sensor and the effect of hydrogenated amorphous silicon  
(56 G)r  
2018



W 3 > 3  
BKS (K)  
2A 5B (E) M p 6 5 5  
0 5 G 1 0  
5 5 vbb M p 6 5 5  
KS



W 9 > 5 7 A  
0 5 A 5 5 5 5 (a-Si:H)-5 4 F  
2 w 5 5 BKS 7 5



W 3 > 5 7 5  
2 A 5 5 5 5 (a-Si:H)-5 4 F 2  
w 5 5 BKS 7 5  
5 5 Layer2 5 5

[2] Yutaka Tsujiuchi, Mahoko Sano, Makoto Horigane, Taiyo Tsurugai, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto  
Atomic force microscopy and FTIR spectroscopy analysis of bacteriorhodopsin laminated on  
hydrogenated amorphous silicon film  
The 9th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics  
2017

[3] Makoto Horigane, Koki Kagawa, Mahoko Sano, Honoka Endo, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto,  
Yutaka Tsujiuchi,  
Green light effect on voltage current property of amino acid containing hydrogel on hydrogenated  
amorphous silicon film  
55 G)r  
2017

[4] Makoto Horigane, Shotaro Minato, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Yutaka Tsujiuchi,  
Voltage current property of amino acid containing hydrogel and molecular film on hydrogenated  
amorphous silicon film for biosensor system,  
2016

[5] Makoto Horigane, Shotaro Minato, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Yutaka Tsujiuchi,  
Voltage current property of amino acid containing hydrogel and molecular film on hydrogenated  
amorphous silicon film for biosensor system,  
2016