സൗരോർജ്ജ - വൈദ്യുതി പരിവർത്തനത്തിന് CuInSe2

(CuInSe2 for the conversion of solar energy to electricity)

സാരാംശം

ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ (കൽക്കരി, ഓയിൽ, ഗ്യാസ്) വർദ്ധിച്ച ഉപഭോഗം, ലോകത്തെ ഒരു ഊർജ്ജ പ്രതിസന്ധിയിലേക്ക് കടത്തിവിട്ടിരിക്കുകയാണ്. കാർബൺ, ഗ്രീൻ ഹൗസ് ഗ്യാസ് എന്നിവയുടെ പുറംതള്ളലിലൂടെ ഇവ പ്രകൃതി മലിനീകരണത്തിന് വൻതോതിൽ കാരണമാകുന്നുമുണ്ട്. കൂടാതെ ഇവ സുസ്ഥിരമായ ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സല്ല, ഉപയോഗിക്കുന്തോറും ഇവയുടെ ലഭ്യതയിൽ കുറവുണ്ടാകുന്നു. ഇതിനു ബദലായുള്ള ഊർജ്ജ സാങ്കേതികവിദ്യയ്ക്കായുള്ള തിരച്ചിൽ വളരെ കാര്യമായി നടക്കുന്നുണ്ട്. ഇതിൽ ഒന്നാണ് സുസ്ഥിരമായ ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സായ സോളാർ എനർജി. സൂര്യനിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്ന പ്രകാശത്തേയും താപത്തേയും നമുക്കാവശ്യമുള്ള ഊർജ്ജമായി മാറ്റിയെടുക്കാം. ഇത്തരത്തിൽ സൂര്യപ്രകാശത്തെ വൈദ്യുതി ആയി മാറ്റുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് 'ഫോട്ടോവോൾട്ടെയ്ക് എഫക്ട്' (photovoltaic effect). ഈ ഉപകരണത്തിനെ സോളാർ സെൽ എന്നും വിളിക്കുന്നു.

മലിനീകരണമില്ലാത്തതതും നേരിട്ട് കാര്യക്ഷമവുമായ രീതിയിൽ ഊർജ്ജ പരിവർത്തനം നടത്താൻ സോളാർ സെൽ സഹായിക്കുന്നു. കഴിഞ്ഞ മൂന്ന് പതിറ്റാണ്ടിനിടെ സോളാർ സെൽ സാങ്കേതികവിദ്യ വലിയ വികസനത്തിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട്. തുടക്കത്തിൽ ബഹിരാകാശ പേടകങ്ങൾക്ക് വൈദ്യുതോർജ്ജം നൽകുന്നതിലാണ് സോളാർ സെല്ലുകൾ പ്രധാനമായും ഉപയോഗിച്ചിരുന്നത്. വിപണിയിൽ ലഭ്യമായ 90 ശതമാനം സോളാർ സെല്ലുകളും നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത് സിലിക്കൺ ഉപയോഗിച്ചാണ്. ഭൂമിയിലെ രണ്ടാമത്തെ സമ്പന്നമായ മൂലകമാണെങ്കിലും ഇവയുടെ ശുദ്ധീകരണവും വേഫർ (wafer) രൂപത്തിലുള്ള നിർമ്മാണവും ചെലവേറിയതാണ്. തന്മൂലം വിപണിയിലെത്തുന്ന സോളാർ സെല്ലിന് വില കൂടുതലാണ്. സോളാർ സെല്ലിന്റെ വ്യാപകമായ ഉപയോഗത്തിന് ഇത് തടസ്സമാകുന്നു. ചെലവുകുറഞ്ഞ മൂലകങ്ങളും സംയുക്തങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചുള്ള സോളാർ സെല്ലുകൾ വികസിപ്പിച്ചെടുക്കാനുള്ള ഗവേഷണത്തിലേക്ക് ഇത് വഴി തെളിച്ചു. അർദ്ധചാലകമായ CuInSe2 ഉപയോഗിച്ചുള്ള സോളാർ സെല്ലുകൾ വില കൂടിയ സിലിക്കൺ സോളാർ സെല്ലിന് ബദലായി ഉപയോഗിക്കാൻ പറ്റുന്നവയാണ്. ഈ പ്രബന്ധത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത് ലളിതമായ പ്രക്രിയയിലൂടെ CuInSe2

തയ്യാറാക്കുന്നതിനുള്ള സാങ്കേതിക വിദ്യയാണ്. ഒപ്പം തന്നെ സൂര്യപ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഈ CuInSe2 പാളിയുടെ കനം കുറയ്ക്കാനും ശ്രമിച്ചിട്ടുണ്ട്. വിഷമില്ലാത്ത മൂലകങ്ങളും സംയുക്തങ്ങളും ഉപയോഗിച്ച് പരിസ്ഥിതി സൗഹൃദമായ സോളാർ സെൽ വികസിപ്പിച്ചെടുത്തു.

താക്കോൽവാക്കുകൾ

സോളാർ സെൽ, പരിസ്ഥിതി സൗഹൃദം, ഊർജ്ജസ്രോതസ്സ്, കുറഞ്ഞ ചെലവ്

ഗവേഷണമേഖല : സോളാർ സെൽ

പഠനരീതി / മുൻകാലപഠനങ്ങൾ :

പലതരം ഭൗതിക/ രാസ രീതികളിൽ ഗവേഷകർ CuInSe2 നിർമ്മിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇപ്പോഴത്തെ പഠനത്തിൽ ഭൗതിക രീതി ഉപയോഗിച്ച് മാത്രവും ഭൗതിക / രാസ രീതികൾ രണ്ടും ഉപയോഗിച്ചും CuInSe2 വികസിപ്പിച്ചെടുത്തിട്ടുണ്ട്. സോളാർ സെല്ലിന് ആവശ്യമായ സവിശേഷതകൾ കൈവരിക്കാൻ ഇതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രതയിൽ മാറ്റം വരുത്തി വിശകലനം നടത്തി. ഇതിൽ നിന്നും ഏറ്റവും മികച്ച സ്വഭാവങ്ങൾ നൽകുന്ന സാന്ദ്രത സോളാർ സെൽ നിർമ്മിക്കാൻ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നു.

ഉപശീർഷകം 1 : ഭൗതിക - രാസ പ്രക്രിയകൾ ഉപയോഗിച്ച് തയ്യാറാക്കിയ CuInSe2 ൻറെ സവിശേഷതകൾ.

ഉള്ളടക്കം : നേർത്ത CuInSe2 ഫിലിമുകൾ തയ്യാറാക്കുന്നതിന് ചെലവ് കുറഞ്ഞതും പരിസ്ഥിതി സൗഹൃദവുമായ ഒരു രീതി ഉപയോഗിച്ചു. രാസ രീതിയിൽ തയ്യാറാക്കിയ സെലിനിയം ഫിലിമുകൾ ഉപയോഗിച്ച് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത സാങ്കേതിക വിദ്യകളിലൂടെയാണ് CuInSe2 ഫിലിമുകൾ തയ്യാറാക്കിയത്.

സ്റ്റാക്ക്ഡ് എലമെന്ററൽ ലെയർ വിദ്യയിൽ (stacked elemental layer technique) ഓരോ മൂലകങ്ങളും ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്നായി നിക്ഷേപിക്കുകയും തുടർന്ന് ചൂട് കടത്തിവിടുകയും ചെയ്തു. രണ്ടാമത്തെ രീതിയിലാവട്ടെ In2Se3 ഫിലിം വളരെ കുറഞ്ഞ മർദ്ദത്തിൽ വാക്വത്തിന്റെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിക്ഷേപിക്കുകയും തുടർന്ന് കോപ്പർ In2Se3 ഫിലിമിലേക്ക് അതേ അന്തരീക്ഷത്തിൽ തെർമൽ ഡിഫ്യൂഷൻ വഴി ചേർക്കുകയും ചെയ്തു.

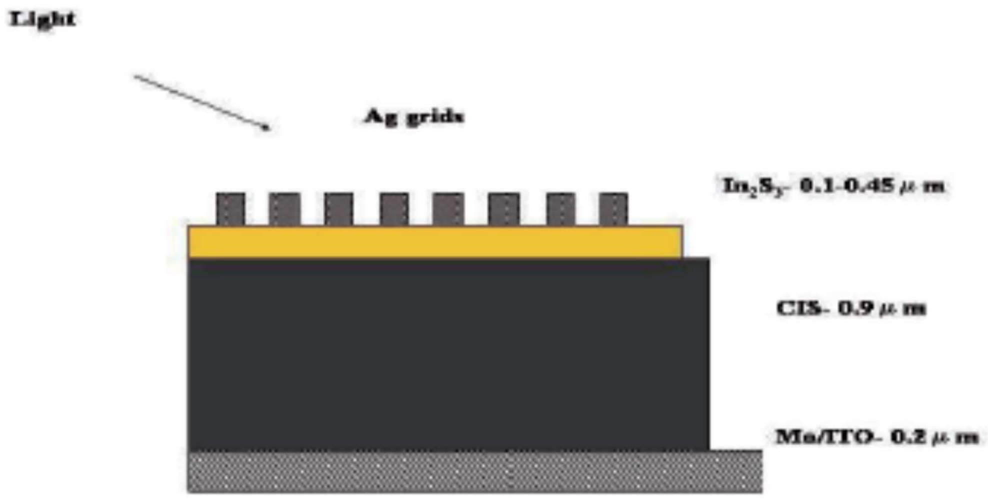
തെർമൽ ഡിഫ്യൂഷൻ ഉപയോഗിച്ച് തയ്യാറാക്കിയ CuInSe2 വിന് സവിഷേതകൾ കൂടുതലാണെന്ന് താരതമ്യ പഠനത്തിൽ നിന്നും കണ്ടെത്തി.

XRD,രാമൻ പഠനങ്ങളിൽ നിന്ന് CuInSe2 ന്റെ ചാൽക്കോപൈറൈറ്റ്(chalcopyrite)ഘടനയുള്ള ഫേസ് രൂപപ്പെട്ടത് സ്ഥിരീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു. ചാലകത, മൂലകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത, ബാന്റ് ഗ്യാപ് (band gap)എന്നിവയിൽ നിന്നും മികച്ച സവിഷേതകൾ ഉള്ള ഫിലിം തിരഞ്ഞെടുത്തു.

ഉപശീർഷകം 2 : ഭൗതിക പ്രക്രിയകൾ ഉപയോഗിച്ച് തയ്യാറാക്കിയ CuInSe2

ഉള്ളടക്കം :

മുഴുവനായും കുറഞ്ഞ മർദ്ദത്തിൽ നടത്തിയ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് സീക്വൻഷ്യൽ എലമെന്റൽ ഇവാപ്പറേഷൻ (sequential elemental evaporation) വഴി CuInSe2 നിർമ്മിച്ചത്. ഇൻഡിയം, സെലിനിയം, കോപ്പർ എന്നീ മൂലകങ്ങൾ യഥാക്രമം 100ºC, 50ºC, പരിസര താപനില എന്നിവയിൽ ഗ്ലാസ് സ്ലൈഡിൽ നിക്ഷേപിച്ചു. തുടർന്ന് 400 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിൽ ചൂടാക്കിയപ്പോൾ ഈ മൂലകങ്ങൾ പരസ്പരം വ്യാപിക്കുകയും CuInSe2 രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്തു. CuInSe2 ന്റെ കനം 0.55 µm ആയിരുന്നു, ഇത് ഇരട്ടിയാക്കി 0.9 µm വരെ വർദ്ധിപ്പിക്കാം. XRD, രാമൻ സ്കാറ്ററിംഗ് എന്നിവ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ഘടനാപരമായ സ്വഭാവങ്ങളിൽ നിന്ന്, നിലവിലെ രീതി ഉപയോഗിച്ച് തയ്യാറാക്കിയ CuInSe2, ഏറ്റവും അനുയോജ്യമായ ചാൽകോപൈറൈറ്റ് ഘടന ആണെന്ന് തിരിച്ചറിഞ്ഞു. സാമ്പിളുകളിൽ ബാൻഡ് ഗ്യാപ് 0.93 മുതൽ 0.99 eV വരെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു, മൂലക സാന്ദ്രതയിലും വ്യത്യാസമുണ്ട്.



<u>നിർമ്മിച്ച സോളാർ സെല്ലിൻറെ സ്കീമാറ്റിക് ചിത്രം</u>

അറ്റോമിക് ഫോഴ്സ് മൈക്രോസ്കോപ്പി(Atomic force microscopy) വിശകലനം സാമ്പിളിന്റെ ജ്യാമിതി ഗോളാകൃതിയിൽ നിന്ന് മാറിയതായി കാണിച്ചു. ഇൻഡിയം കൂടുതൽ ഉള്ളതിൽ നിന്ന് കോപ്പർ കൂടുതലുള്ളവയിലേക്ക് പോകുമ്പോൾ ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള പാർട്ടിക്കിൾസ് കാണപ്പെട്ടു. വൈദ്യുത പ്രതിരോധം 0.002cm മുതൽ 7916 വരെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. 0.08 സെന്റീമീറ്റർ പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള സാമ്പിൾ താഴത്തെ ചാലക പാളിയായി സോളാർ സെല്ലിൽ ഉപയോഗിക്കാം. 7916 സെന്റീമീറ്റർ പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള സാമ്പിൾ ഉപകരണ നിർമ്മാണത്തിന് മുകളിലത്തെ പാളിയായും ഉപയോഗിക്കാം. ഉയർന്ന പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള സാമ്പിളിന്റെ ഫോട്ടോസെൻസിറ്റിവിറ്റി 7.7 ആയിരുന്നു.

CuInSe2 p-ലെയറായും In2S3 n-ലെയറായും ഉപയോഗിച്ച് സോളാർ സെൽ നിർമ്മിക്കുകയുണ്ടായി. സിൽവറും മോളിബ്ഡിനവുമാണ് ഇലക്ട്രോഡുകൾ.

നിഗമനങ്ങൾ

ചെലവ് കുറഞ്ഞ രീതിയിൽ വികസിപ്പിച്ചെടുത്ത CuInSe2/In2S3 സോളാർ സെൽ, സിലിക്കൺ അടിസ്ഥാനമായുള്ള സോളാർ സെല്ലിന് ബദലായി ഉപയോഗിക്കാൻ ശേഷിയുള്ളവയാണ്. സിലിക്കൺ സോളാർ സെല്ലുകൾക്കക്ക് 400 മൈക്രോമീറ്റർ വരെ കനമുള്ളപ്പോൾ ഒരു മൈക്രോമീറ്ററിലും കുറഞ്ഞ കനം മാത്രമേ CuInSe2 സോളാർ സെല്ലുകൾക്ക് ആവശ്യമുള്ളൂ.

References

1. J Kessler, J Wennerberg, M Bodegard, L Stolt, Sol. Energy Mater.Sol.Cells **75**(2003)35

2. M Powalla, B Dimmler, R Schaeffler, G Voorwinden, U Stein, H D Mhring, F Kessler, D Hariskos, Proceedings 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Paris, France 2004
3. Tuttle, J R, Szalaj A, Keane J, 2000, Proc.28th IEEE Photovoltaic Specialists Conf., Anchorage,p.1042
4. L.L. Kazmerski, F.R.White and G.K.Morgan, Appl.Phy.Lett. **29** (1976) 268
5. B.Tell and P.M.Bridenbaugh, Appl.Phy.Lett.**48** (1977) 2477
6. P.E.Russel, O.Jamjoum, R.K.Ahrenkiel, L.L. Kazmerski, R.A.Mickelsen and W.S.Chen, Appl.Phy.Lett. **40**, No.11, 1982(995)
7. M.Eron and A.Rothwar, J.Appl.Phys.**57** (6), 1985(2275)
8. R.K.Ahrenkiel and R.J.Matson, Appl.Phy.Lett **46** (1985) 877
9. Poolla Raja Ram, R.Thangaraj, A.K.Sharma and O.P.Agnihotri, Solar Cells, **14**(1985) 123
10. Rommel Noufi and John Dick, J.Appl.Phys.**58** (10) (1985) 3884
11. A Herms, J.R.Morante, J.Millan, A.Cornet and E.Bertran, Thin Solid Films, **125**(1985) 107
12. R.E.Hollingsworth and J.R.Sites, Solar Cells, **16**(1986) 457
13. R.Noufi, R.J.Matson, R.C.Powell, C.Herrington, Solar Cells**16**(1986) 479
14. R.J.Matson, Rommel Noufi, R.C.Powell and D.Cahen, Solar Cells, **16**(1986) 495
15. Allen Rothwarf, Solar Cells, **16**(1986) 567
16. R.W.Birkmire, L.C.Dinetta, P.G.Lasswell, J.D.Meakin and J.E.Philips, Solar Cells, **16**(1986) 419.
17. J.D.Meakin, R.W.Birkmire, L.C.Dinetta, P.G.Lasswell, J.E.Phillips, Solar cells **16**(1986) 447
18. J.M.Stewart, Solar Cells**, 19**(1986-1987) 237
19. David Cahen and Rommel Noufi, Appl.Phy.Lett.**54** (1989)558
20. N.Christoforou, J.D.Leslie, S.Damaskinos, Solar Cells, **26**(1989) 197
21. Brian.J.Brown, Clayton.W.Bates, J.Appl.Phys.**68**(5)(1990) 2517
22. W.N.Shaferman, R.W.Birkmire, P.E.McCandless, A.Mondal, J.E.Philips, R.D.Varrin, Solar Cells, **30**(1991) 61
23. Ji-Beem Yoo, Alan L Fahrenbruch, Richard H Bube, Solar Cells, **31**(1991) 171
24. Lars Stolt, Jonas Hedstrom, John Kessler, Martin Ruckh, Karl-Otto Velthaus, Hans-Werner Schock, Appl.Phys.Lett **.62**(6), 1993, 597
25. J.S.Chen, E.Kolwa, C.M.Garland, M.A.Nicolet, R.P.Ruiz, Thin Solid Films, 219(1992)183
26. D.Schmid, M.Ruckh, F.Grunwald, H.W.Schock, J.Appl.Phys.**73**(6) 1993.

27. M Nishitani, T Negami, S Kohiki, M Terauchi, T Wada, T Hirao, J.Appl.Phys.**74**(3) 1993
28. L-Chung Yang, A.Rocket, J.Appl.Phys.**75**(2) 1994
29. Andrew M Gabor, John R Tuttle, David S Albin, M.A.Contreras, R.Noufi, .M.Hermann, Appl.Phys.Lett. **65**(2) 1994
30. G E Hassan, M R I Ramadan, H El-Labani, M H Badawi, S Aboul-Enein, M J Carter, R Hill, Semicond.Sci.Technol. **9**(1994)1261
31. M.Nishitani, M Ikeda, T Negami, S Kohoki, N Kohara, M Terauchi, H Wada, T Wada, Sol. Energy Mater. Sol. Cells**35**(1994) 203
32. Tokio Nakada, Ryoji Onishi, Akio Kunioka, Sol. Energy Mater. Sol. Cells35(1994) 209
33. W.N.Shaferman, Reiner Klenk, Brian E. McCandless, J.Appl.Phys.**79**(9), 1996
34. A.M.Fernandez, P.J.Sebastian, R.N.Battacharya, R.Noufi, M.Contreras, A.M.Hermann, Semicond.Sci.Technol. **11**(1996)964.