

AZO plāno kārtiņu izgatavošana ar reaktīvu HiPIMS

Mārtiņš Zubkins

Caurspīdīgās un elektrovadošās oksīdu (TCO) plānās kārtiņas tiek plaši izmantotas plakanajos displejos, gaismu emitējošās diodēs un plāno kārtiņu saules baterijās. Visbiežāk izmantotais TCO materiāls ir indija alvas oksīds (ITO). Tā toksiskums, augstā cena un indija relatīvais resursu trūkums mudina ITO aizstāt ar indiju nesaturošu materiālu. Šim nolūkam ar alumīniju leģēts cinka oksīds (AZO) tiek plaši pētīts kā ITO alternatīva.

TCO kārtiņu izgatavošanai visbiežāk izmanto magnetrono izputināšanu, jo tās priekšrocība ir iespēja uzklāt kārtiņas uz liela izmēra pamatnēm un regulēt kārtiņu īpašības plašā diapazonā. Šajā metodē kārtiņas tiek audzētas plazmas izlādes rezultātā. Augstas kvalitātes TCO kārtiņām ir nepieciešama kristāliska struktūra, kas ir iegūstama pie paaugstinātas temperatūras (aptuveni 300 °C). Saules bateriju ražošanā vai TCO uzklāšanā uz lokanām polimēra pamatnēm šī temperatūra ir par augstu. Kārtiņu augšanas mehānismu un kristālisko struktūru var regulēt ar plazmā esošo daļiņu enerģiju, kas ir alternatīva metode kārtiņas pamatnes sildīšanai. Augstas jaudas impulsu magnetronā izputināšanas (HiPIMS) tehnika ļauj efektīvi kontrolēt plazmas blīvumu un atomu jonizācijas pakāpi ar dažādiem procesa parametriem, kas nav panākams ar daudz plašāk izmantoto līdzstrāvas izputināšanu. HiPIMS procesā jauda mērķim tiek pievadīta ar īsiem impulsiem un zemu frekvenci. Rezultātā pīķa jauda ir aptuveni par divām kārtām lielāka nekā vidējā jauda.

Šajā projektā tika izpētīts HiPIMS process pie dažādiem procesa parametriem un iegūti nosacījumi, lai iegūtu blīvu plazmu un plāno kārtiņu veidojošo atomu jonizāciju. Tika iegūts režīms, kurā nevis inertās gāzes (Ar) joni, bet gan cinka joni piedalās mērķa izputināšanas procesā. Izmantojot plazmas optisko emisijas spektroskopiju (OES), tika reģistrētas plazmas sastāva izmaiņas, pakāpeniski pārejot no līdzstrāvas uz HiPIMS režīmu. Plazmas OES norāda uz izteiktu Ar gāzes retināšanu mērķa virsmas tuvumā, kas saistīta ar augsto Zn izputināšanas koeficientu.

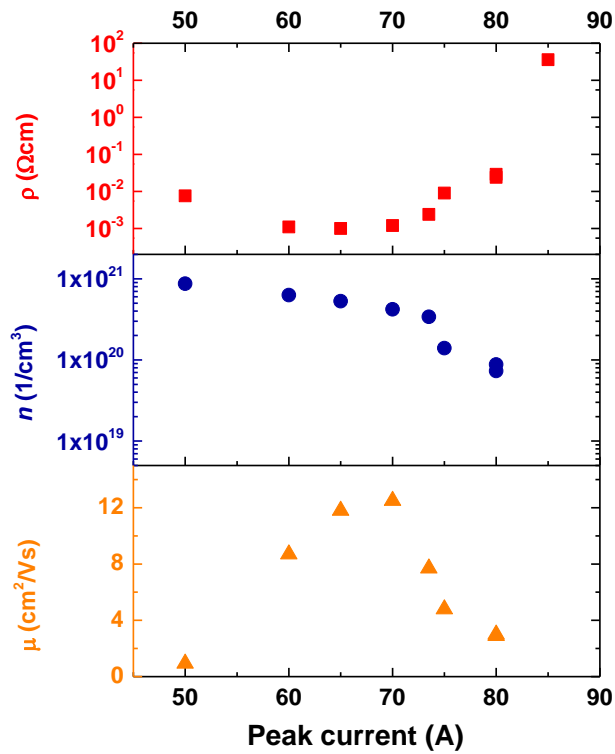
Ar alumīniju leģētas cinka oksīda (ZnO:Al – AZO) kārtiņas tika izgatavotas uz nesildītām pamatnēm ar reaktīvo HiPIMS. Tika parādīts, ka pīķa strāva var tikt izmantota kā kontroles parametrs reaktīvā režīmā, lai regulētu kārtiņu īpašības – mikrostruktūru, elektriskās un optiskās īpašības (1. att.).

Zemākā iegūtā īpatnējā pretestība HiPIMS režīmā bija $1,0 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, kas ir zemāka salīdzinot ar DC režīmu ($3,8 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$). Tomēr redzamās gaismas caurlaidība bija 70 %, kas ir zemāka par DC iegūto – 80 %. Izmantojot atbilstošu impulsu konfigurāciju, ir iespējams iegūt kārtiņu uzkāšanas ātrumus, kas ir augstāki par līdzstrāvas režīmā iegūtajiem. Lai gan tika iegūti rezultāti, kas ir augstvērtīgāki salīdzinot ar klasisko līdzstrāvas izputināšanu, tomēr kārtiņu īpašības joprojām nav sasniegušas tās, kas ir iegūstamas pie paaugstinātas temperatūras. HiPIMS izgatavotajiem paraugiem pie augsta skābekļa parciālā spiediena XRD difraktogrammās tika

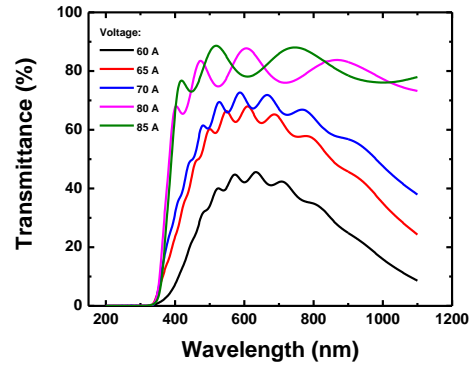
detektēts maksimums, kas neatbilst *vurcīta* tipa struktūrai un var tikt attiecināms uz *zinblendē*, kas tipiski netiek detektēta ZnO kārtiņās.

Projektā iegūtie rezultāti ir prezentēti gan starptautiskās (HIPIMS2018, FM&NT 2018), gan gadskārtējā CFI konferencē un tiks publicēti starptautiskā zinātniskā žurnālā.

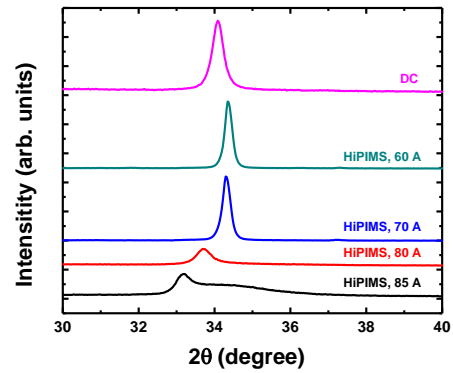
(a)



(b)



(c)



1. att. AZO kārtiņu elektriskās īpašības (a), redzamās gaismas caurlaidība (b) un rentgenstaru difraktogrammas (c).