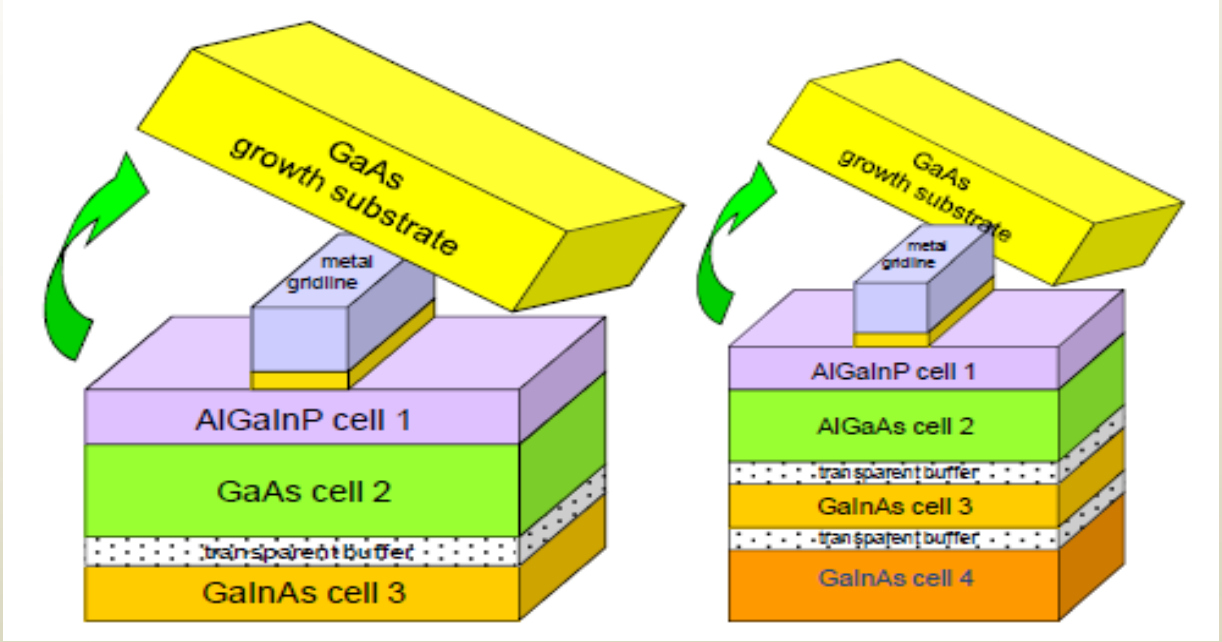
بسم الله الرحمن الرحیم

سلول های خورشیدی

Inverted Metamorphic Multijunctions

پروفسور شهرام محمدنژاد

(ریاست مرکزتحقیقات نانوپترونیکس)



خرداد ۹۷

فهرست مطالب

مقدمه و تعریف

اجزای مختلف بکاررفته در این سلول ها

بررسی فرآیند ساخت و موارد کاربرد

مقایسه خروجی این سلول با نمونه های مشابه

مقدمه و تعریف

- سلول ها خورشیدی غالبا توسط فناوری سیلیکونی ساخته خواهند شد که حداکثر بازده برای این نوع سلول ها ۱۸ درصد است.

- سلول های خورشیدی چند پیوندی که از مواد نیمه هادی گروه ۳-۵ ساخته خواهند شد بازده تبدیل انرژی بیشتری دارند(در حدود ۳۷ درصد) و مراحل ساخت پیچیده تری نیز دارند.

- سلول های خورشیدی (Inverted Metamorphic Multijunction)IMM که با مواد گروه ۳-۵ ساخته می شوند بازدهی بیشتر از ۴۰ درصد دارند و این سلول ها امروزه در حال تکامل هستند که در کاربرد های فضایی و ماهواره ای از آنها استفاده خواهد شد.

مقدمه و تعریف

- ساختار این نوع سلول ها مبتنی بر لایه های ترکیبی با نیمه هادی های گروه ۳-۵ است و نسبت به قطعات چند پیوندی معمولی بصورت معکوس رشد داده خواهد شد. این جهت رشد باعث جلوگیری از تضعیف سلول های بالاتر که قسمت اعظم تولید توان را به عهده دارند می شود.

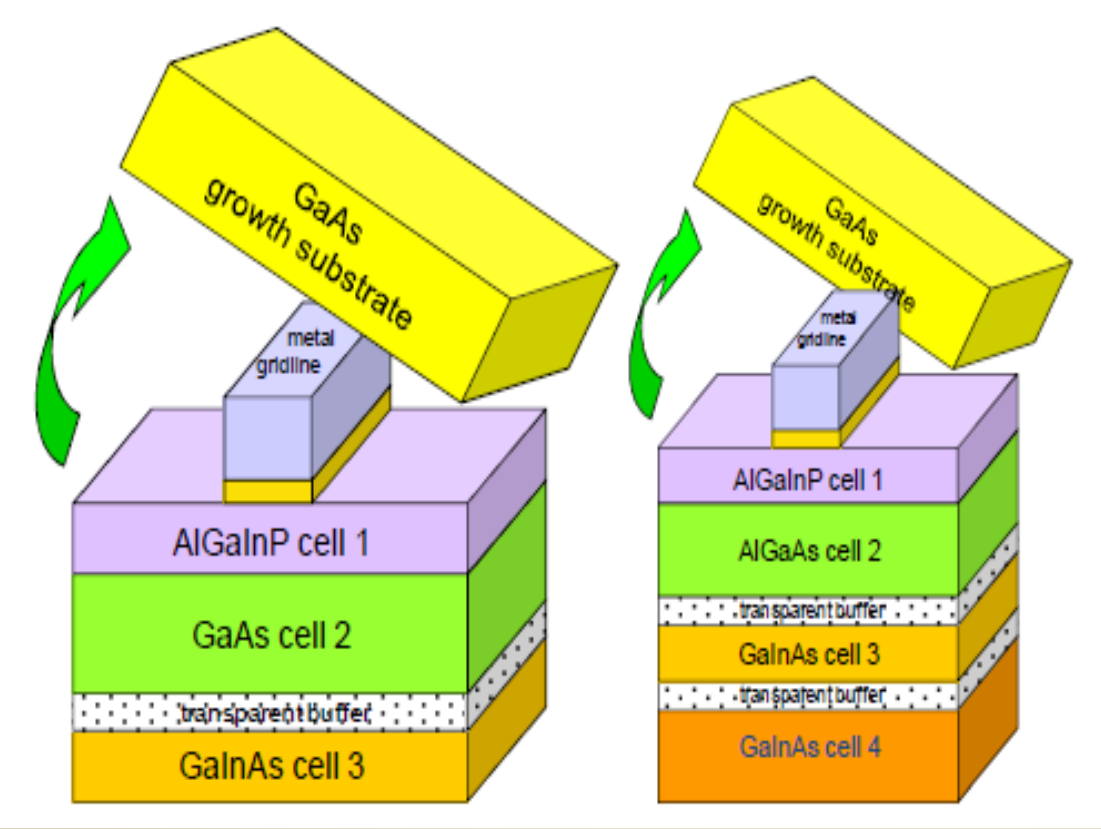
- زیر سلول های با شکاف باند بزرگتر در حالت معمولی باید در بالاترین سطح سلول قرار گیرند اما در این نوع سلول ها ماده با شکاف باند بزرگتر روی بستر و زیر زیرسلول با شکاف باند کوچکتر قرار خواهد گرفت.

- در ساختار این نوع سلول های خورشیدی از لایه های داخلی استفاده می شود تا عدم هماهنگی ثوابت شبکه بین زیر سلول ها و بستر را کاهش دهد و به تبع آن بازده تبدیل انرژی افزایش یابد.

- این نوع سلول های خورشیدی شروعی برای تولید سلول های خورشیدی تجاری با بازده بالا خواهد بود.

ساختار مورد بررسی

در شکل زیر دو ساختار مهم سلول های خورشیدی IMM را مورد بررسی قرار می دهیم:



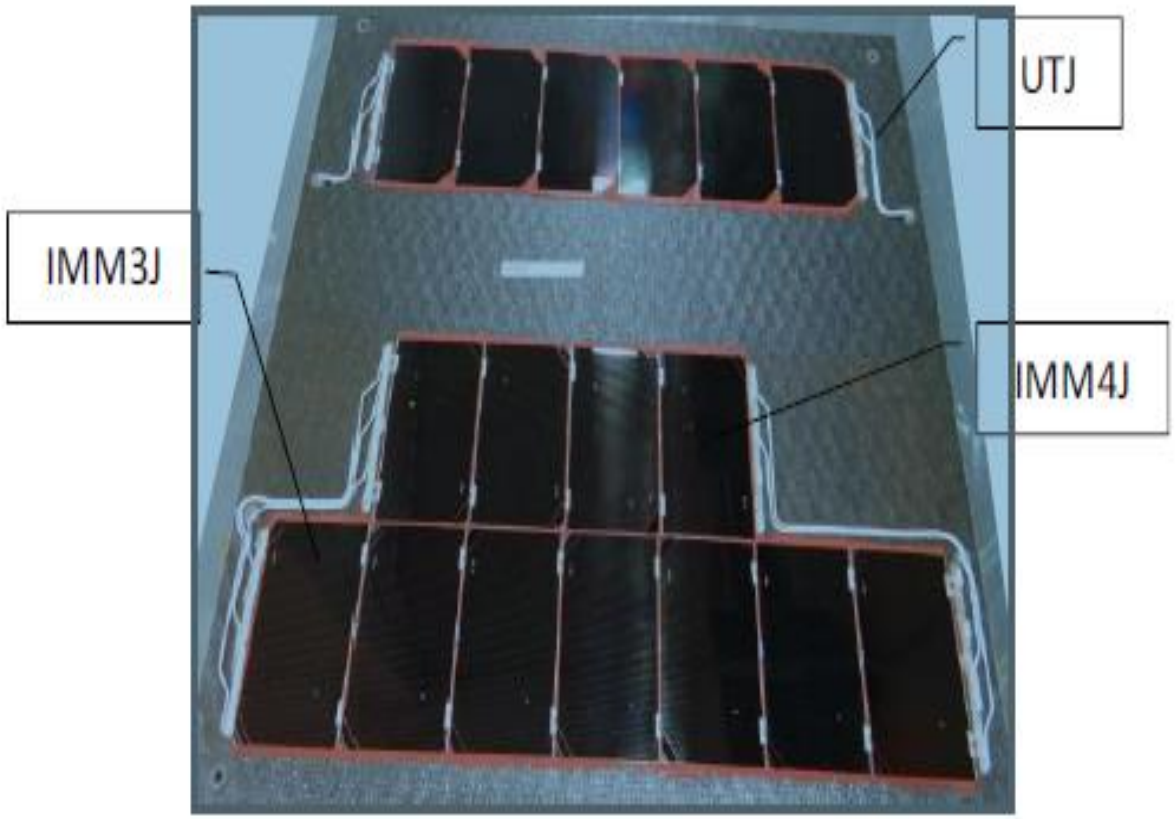
سلول های خورشیدی IMM3Jو IMM4J که بصورت پیکربندی معکوس روی بستر ژرمانیومی و گالیوم آرسنایدرشد داده شده است.

سلول های فضایی IMM متشکل از سه یا چهار زیر سلول مبتنی بر مواد گروه ۵-۳ هستند که بصورت پیکربندی معکوس رشد داده شده اند.

از راکتور های MOVPE برای رشد این سلول در یک بستر 100mm استفاده خواهد شد.

ابتدا آلیاژ با شکاف باند بزرگتر رشد داده خواهد شد. سپس سلول میانی و بافر و نهایتا یک یا دو زیر سلول دگرگون شده با شکاف باند کوچکتر که با بستر رشد نیز هماهنگی ثابت شبکه ندارد رشد داده خواهد شد.

ساختار مورد بررسی



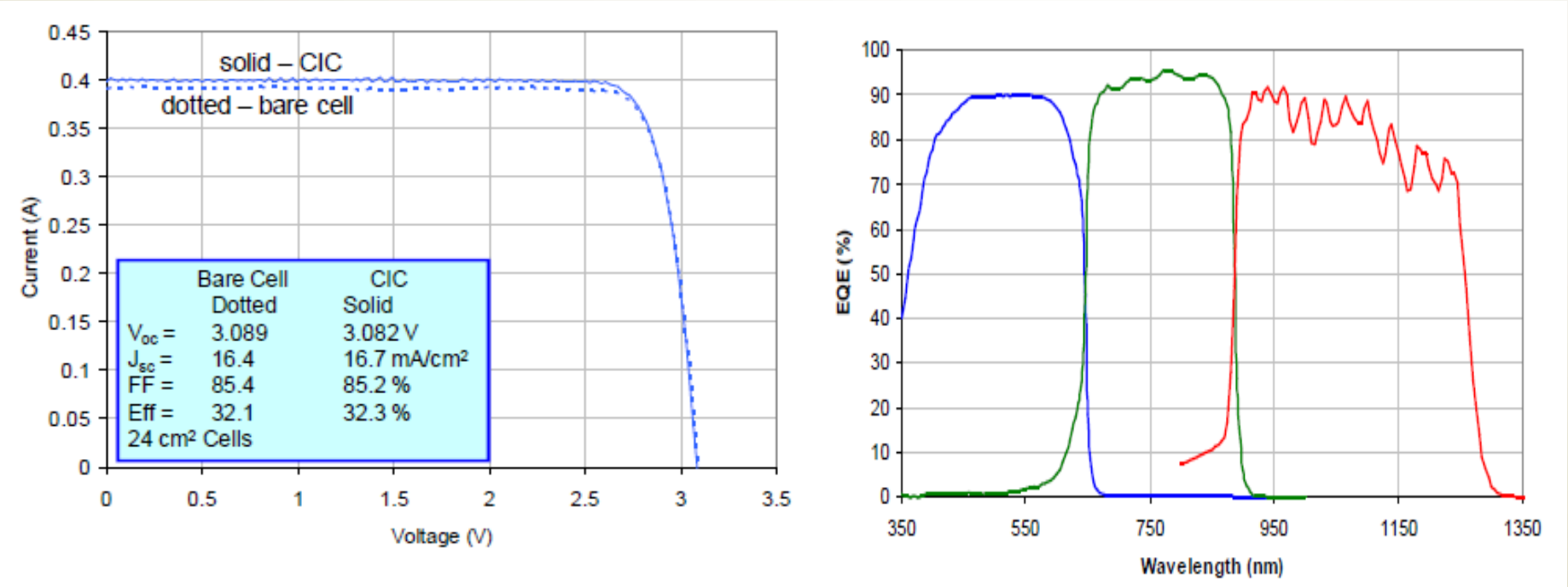
یک کوپن مونتاژ شده

فرایندهای پردازش ویفر در حجم زیاد برای تکامل ساخت انجام خواهد شد.

سلول-اتصالات داخلی- پوشش شیشه ای (CICs) با توجه به کاربرد های فضایی مونتاژ خواهد شد.

این ساختار مونتاژ شده روی یک بستر سخت آلومینیومی کندوی عسلی قرار خواهد گرفت.

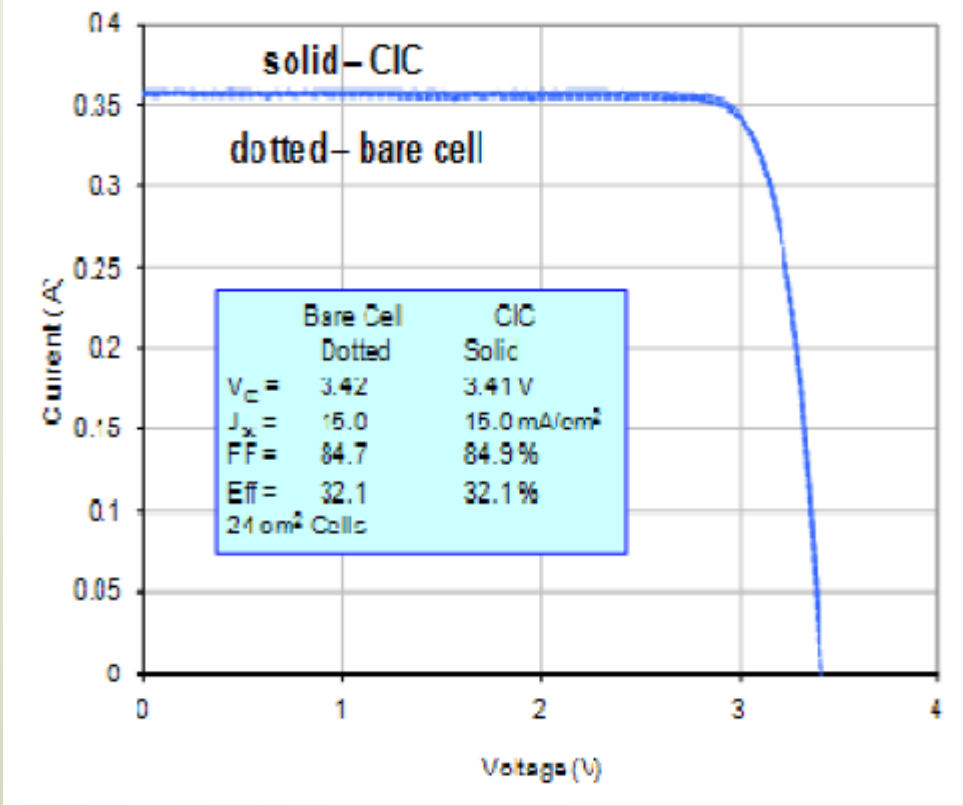
ساختار مورد بررسی

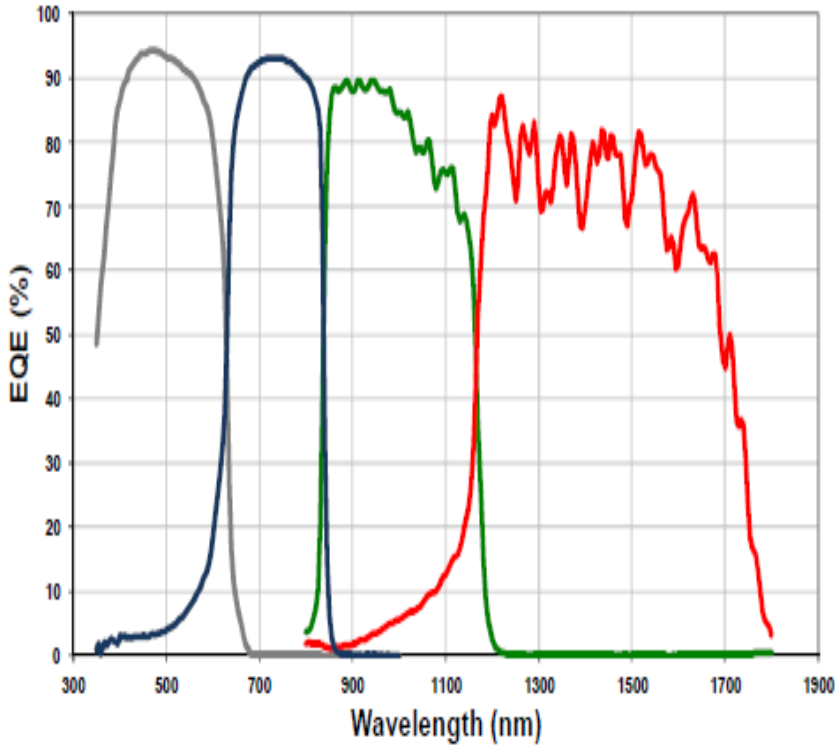


مشخصات بازده کوانتومی خارجی در سلول IMM 3J

مشخصه LIV یک سلول IMM 3J در اندازه $24cm^2$ در ۲۸ درجه سانتی گراد بازده گزارش شده بر اساس استاندارد کالبریزاسیون Lear Jet می باشد.

ساختار مورد بررسی





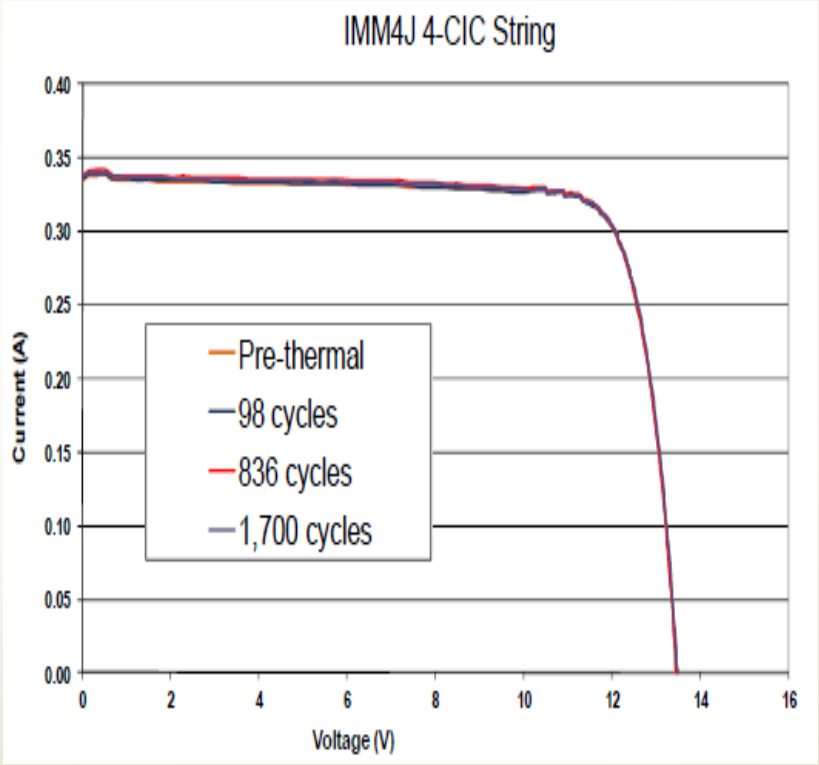
مشخصات بازده کوانتومی خارجی در سلول IMM 4J

مشخصه LIV یک سلول IMM۴ J در اندازه $24cm^2$ در ۲۸ درجه سانتی گراد بازده گزارش شده بر اساس استاندارد کالبریزاسیون Lear Jet می باشد.

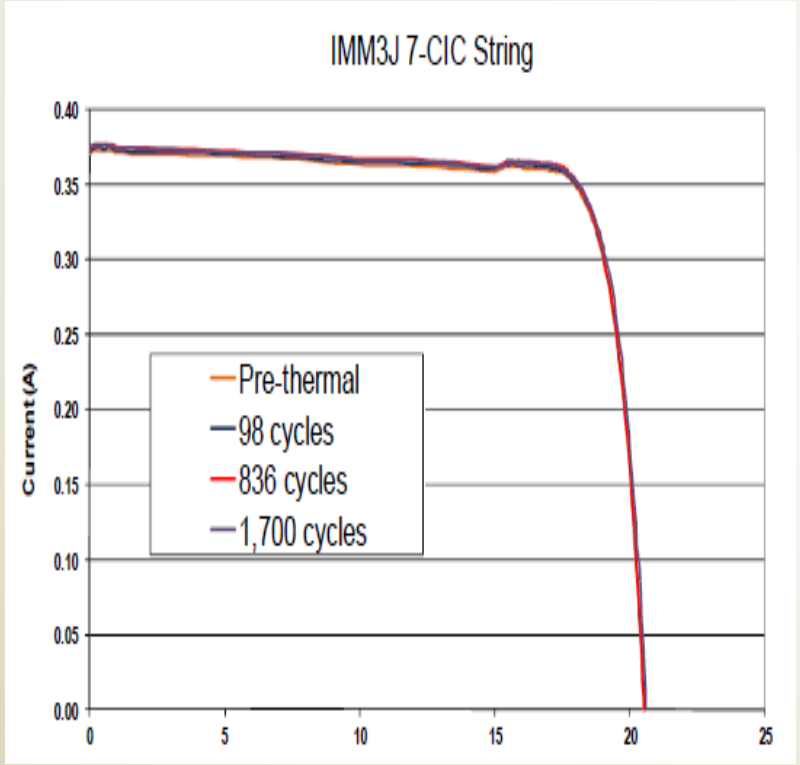
ساختار مورد بررسی

یک سلول IMM3J در اندازه $24cm^2$ در حالت تزریق بایاس مستقیم

ساختار مورد بررسی

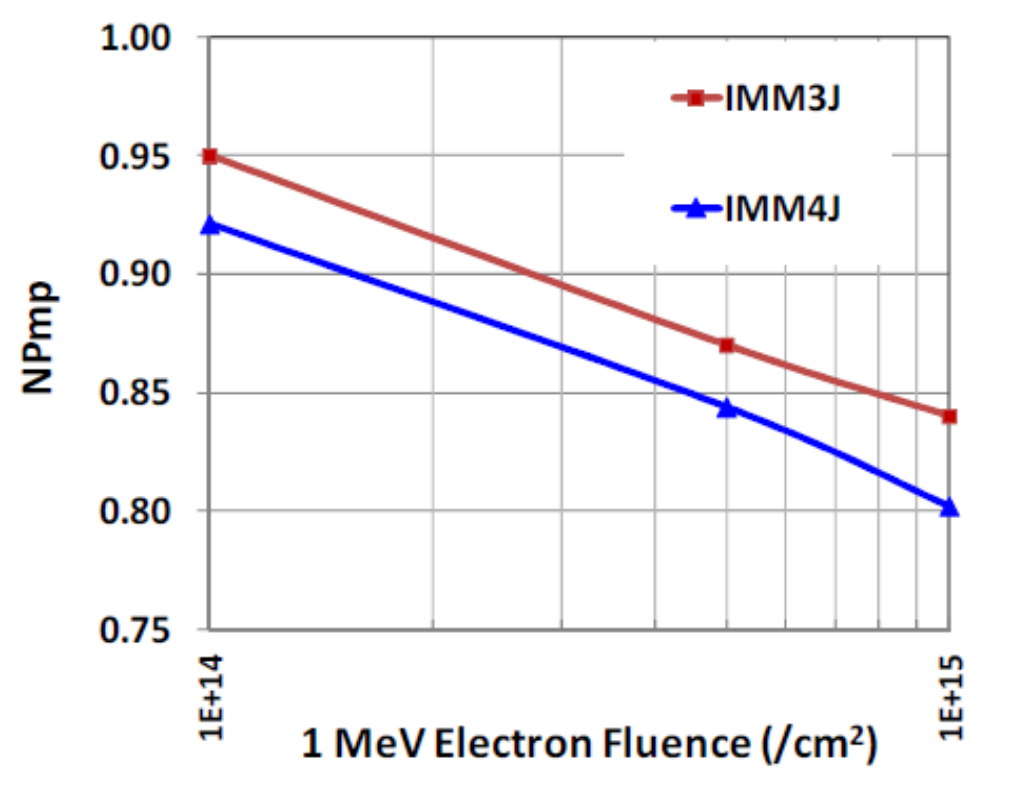


اطلاعات جمع آوری شده LAPSS LIV روی یک رشته از سلول IMM4J پس از چندین نقاط شکست. با توجه به اطلاعات استخراج شده هیچ تضعیفی در عملکرد کوپن سلول را نشان نمی دهد.



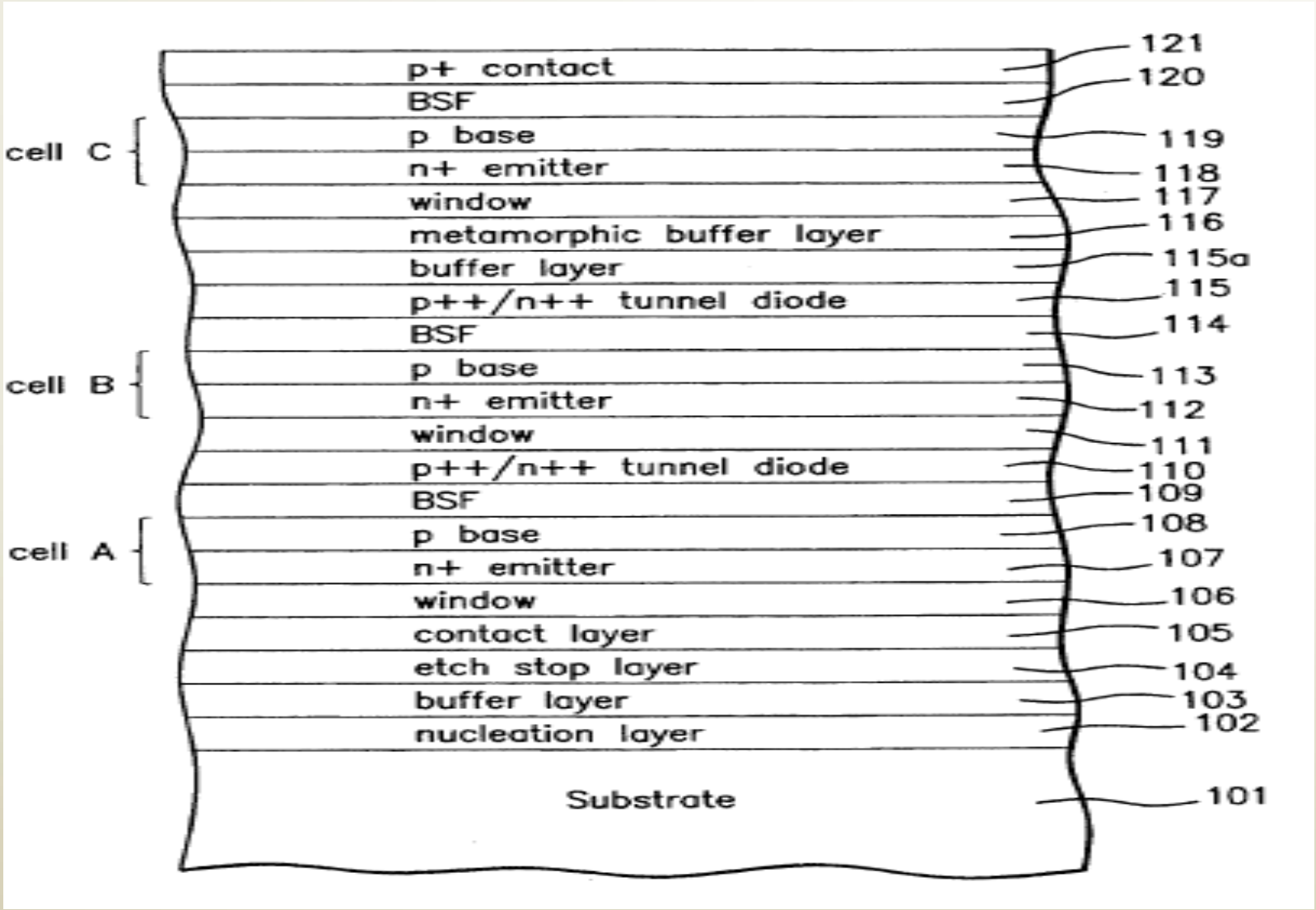
اطلاعات جمع آوری شده LAPSS LIV روی یک رشته از سلول IMM3J پس از چندین نقاط شکست. با توجه به اطلاعات استخراج شده هیچ تضعیفی در عملکرد کوپن سلول را نشان نمی دهد.

ساختار مورد بررسی



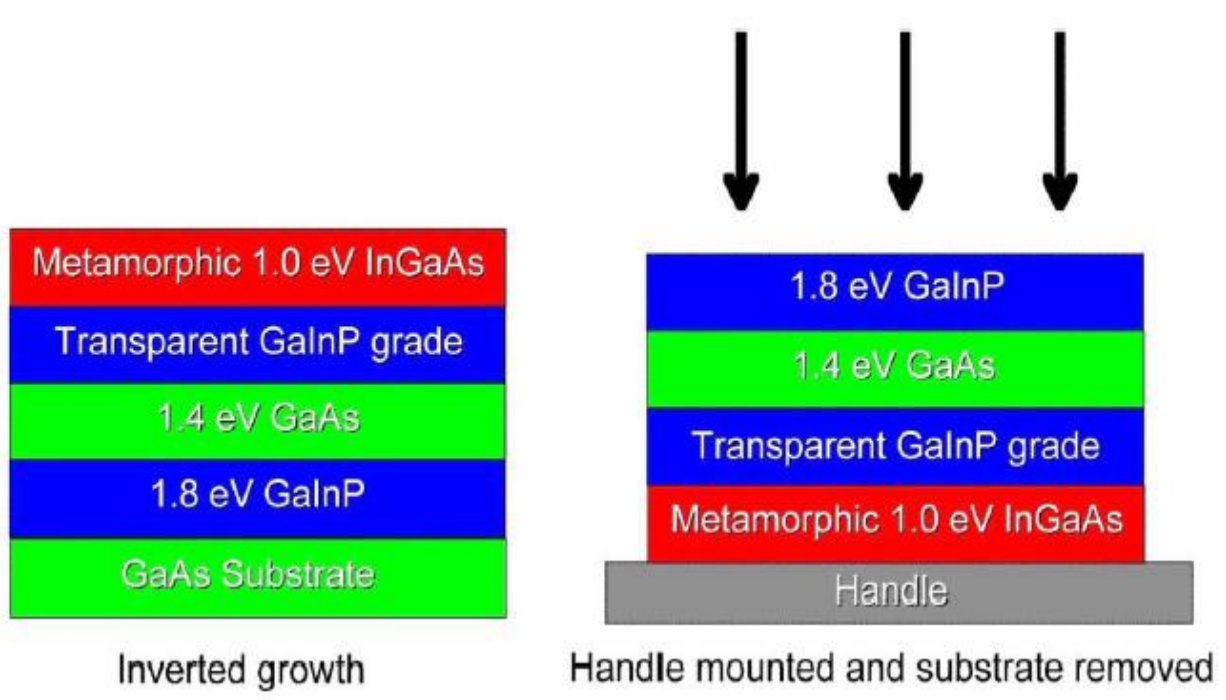
توان نرمالیزه شده در مقابل مشخصه های الکترونی ناحیه کوچکی از سلول های خورشیدی فضایی IMM3J وIMM4J

ساختار دیگر



برش عرضی سلول خورشیدی IMM با سه زیر سلول

پروسه ساخت



ایده سلول خورشیدی IMM

- سلول بالایی (GaInP) ابتدا رشد داده می شود که با بستر ثابت شبکه هماهنگی دارد.
- سلول میانی (GaAs) رشد داده می شود که با InGaP مقدار کمی عدم هماهنگی ثابت شبکه دارد.
- در آخر سلول پایینی رشد داده خواهد شد که مقدار زیادی عدم هماهنگی با ثابت شبکه دارد.
- این ساختار از تضعیف سلول با شکاف باند بزرگتر که قسمت زیادی از توان خروجی در این سلول تولید می شود، جلوگیری می کند

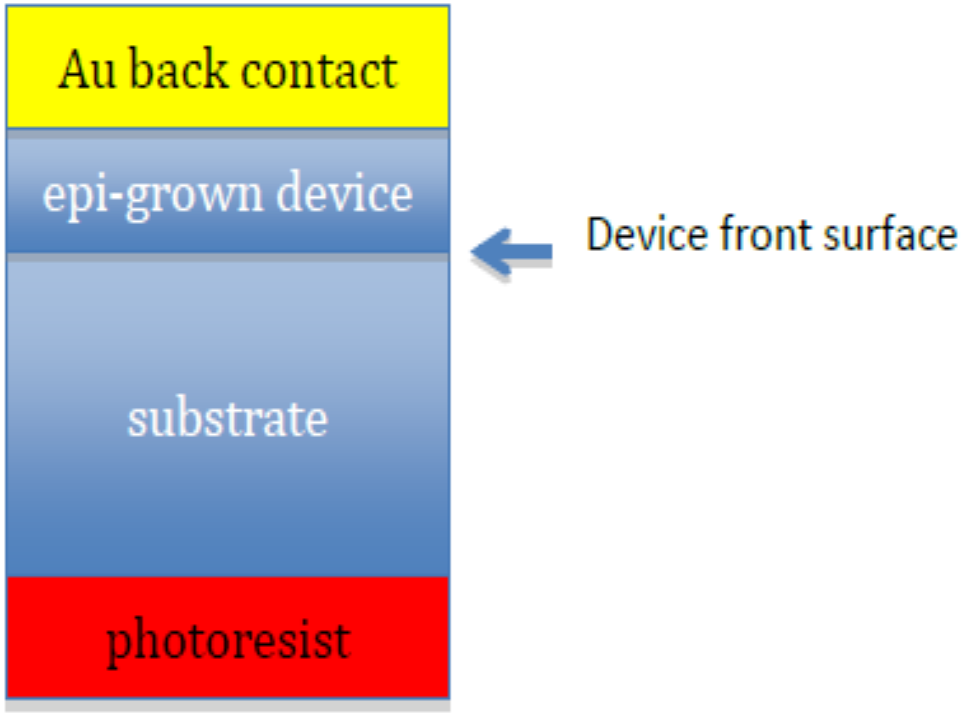
پروسه ساخت

فرایند عمومی و اطلاعات محصول

- ✓ Photoresist (shipley 1818)
- ✓ Exposure 210 $\frac{mj}{cm^2}$
- ✓ MF 319
- ✓ Hardbake
- ✓ Tra-bond931-1 Low viscosity Epoxy
- ✓ Plating Solution
- ✓ Metal deposition
- ✓ Selective etchants

لایه نشانی اتصال پشتی

- ✓ Paint 1818 photoresist on back of the GaAs substrate .
- ✓ Bake in oven for 10 min
- ✓ Dip in 5% HCl
- ✓ Deposit ~1 μm of Au on the GaInAs back contact layer
- ✓ Remove photoresist with Acetone



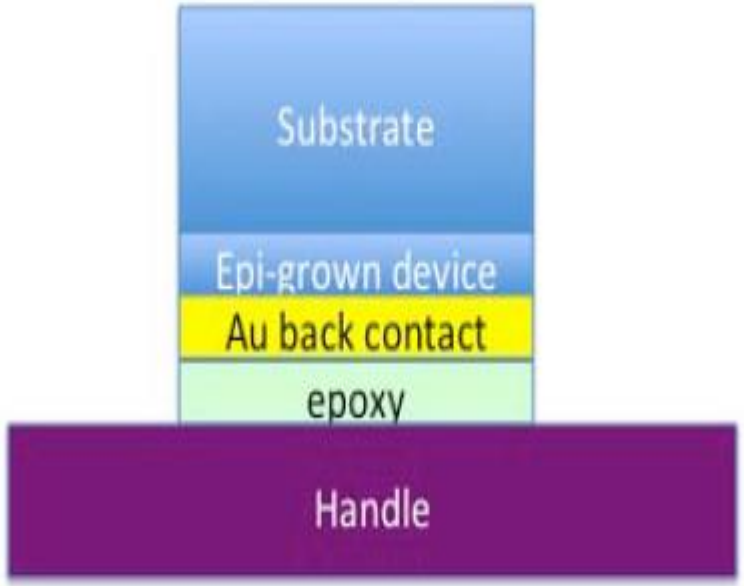
شکل گیری قطعه تا پایان مرحله اول

پروسه ساخت

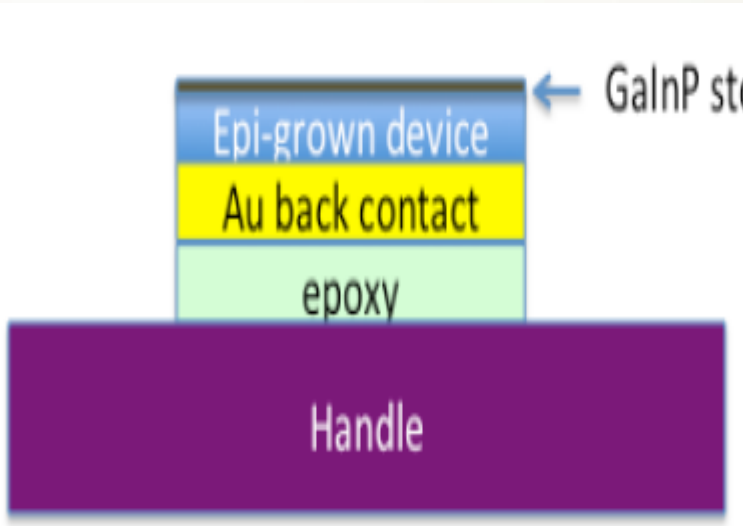
قرار دادن روی نگهدارنده و حذف بستر GaAs

- ✓ Pour a small drop of low viscosity epoxy
- ✓ Place sample onto epoxy
- ✓ Place a small weight, ~30gms
- ✓ Etch off GaAs substrate with 1:1 $NH_4OH:H_2O_2$
- ✓ Peel the excess epoxy from the edges of the sample with a razor blade

پروسه ساخت



قطعه در پایان مرحله ۲

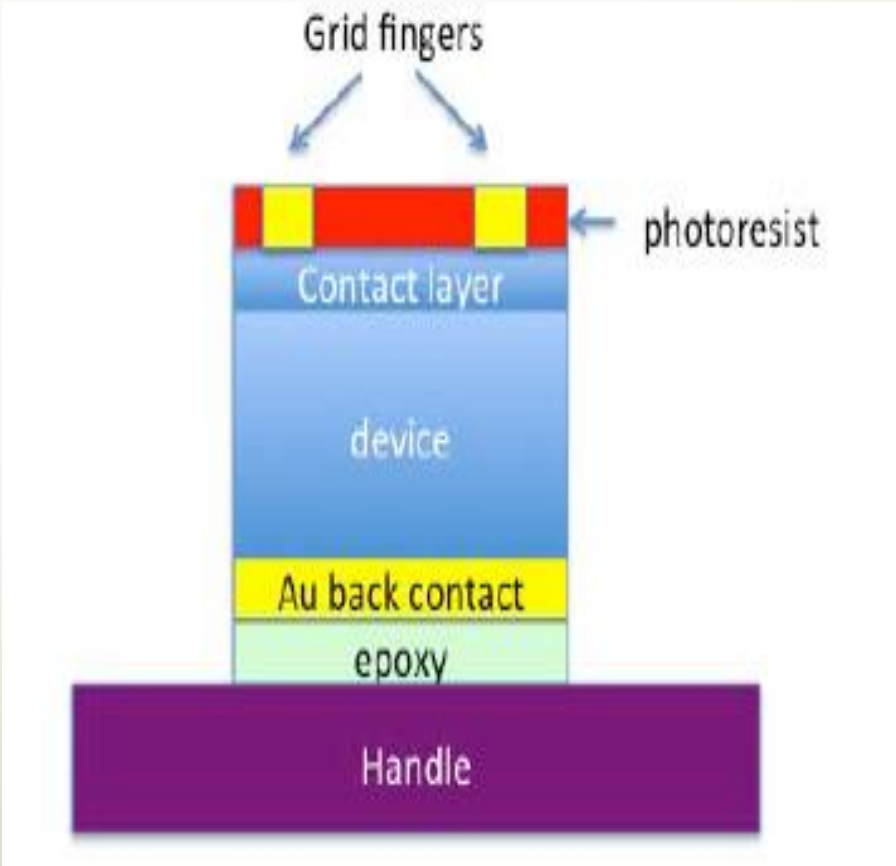


قطعه در پایان مرحله ۵

پروسه ساخت

قرار دادن اتصال جلویی

- ✓ Remove GaInP etch stop layer
- ✓ Spin 1818 photoresist onto the front
- ✓ Expose front contact pattern 30 sec
- ✓ Inspect the sample surface
- ✓ Remove a small corner of photoresist
- ✓ Dip sample in 5% HCl for 30 sec
- ✓ Deposit 1 µm of Au
- ✓ Remove photoresist with Acetone



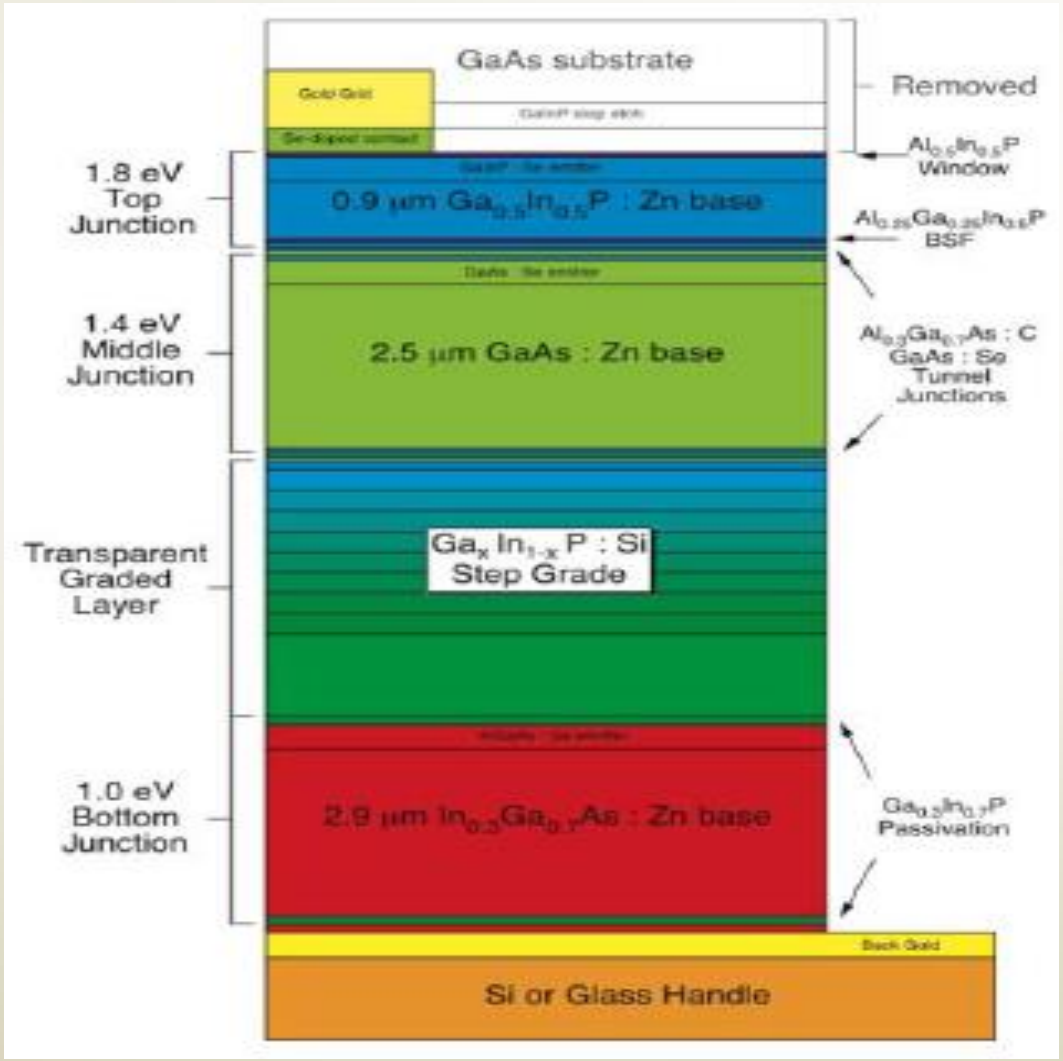
قطعه در پایان مرحله ۷

پروسه ساخت

ایزولاسیون قطعه

- ✓ Spin photoresist and softbake.
- ✓ Expose with mesa isolation mask
- ✓ hardbake
- ✓ Etch through the phosphide and arsenide layers
- ✓ Remove photoresist with Acetone
- ✓ Etch away the GaAs front contact layer

پروسه ساخت



برش عرضی از شماتیک سلول IMM کامل شده

نتیجه گیری

- این نوع سلول بازدهی تبدیل انرژی بالایی دارد.
- باعث انتقال انرژی بهتری می شود چون از لایه های داخلی تدریجی استفاده می کند و عدم هماهنگی ثوابت شبکه بین زیر سلول ها را بهبود می بخشد.
- عملکرد آن در سیکل های گرمایی تغییری نمی کند و این موضوع مطلوب ماست.

پیشنهـــــــاد

برای افزایش بازده خارجی تعداد زیر سلول ها را افزایش دهیم. البته باید پیچیدگی ساختار و تعداد لایه های داخلی تدریجی مورد نیاز را مورد بررسی قرار دهیم.

منـــــــــــابع

[1] "40.8% efficient inverted triple-junction solar cell with two independently metamorphic junctions," J. F. Geisz, D. J. Friedman, et al., *Appl. Phys. Lett* 93, p. 123505, Sept. 2008.

[2]P. Patel, et al., "Experimental Results From Performance Improvement and Radiation Hardening of Inverted Metamorphic Multijunction Solar Cells," *IEEEJournal of Photovoltaics*, vol. 2, pp. 377 - 381, 2012.

[3] J. Boisvert, D. Law, R. King, E. Rehder, P. Chiu, D. Bhusari, C. Fetzer, X. Liu, W. Hong S. Mesropian, R. Woo, K. Edmondson, H. Cotal, D. Krut, S. Singer, S. Wierman, and N. H. Karam High Efficiency Inverted Metamorphic (IMM) Solar Cells

[4] D.J. Friedman, "Progress and challenges for nextgeneration high-efficiency multijunction solar cells", Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. **14**, 2010, pp. 131–138.

[5] G. Peharz et al., "Investigations on the temperature dependence of CPV modules equipped with triple-junction solar cells," Prog. Photovolt: Res. Appl., **19**, 2011 pp. 54– 60.

سپاس از حضور و توجه شما