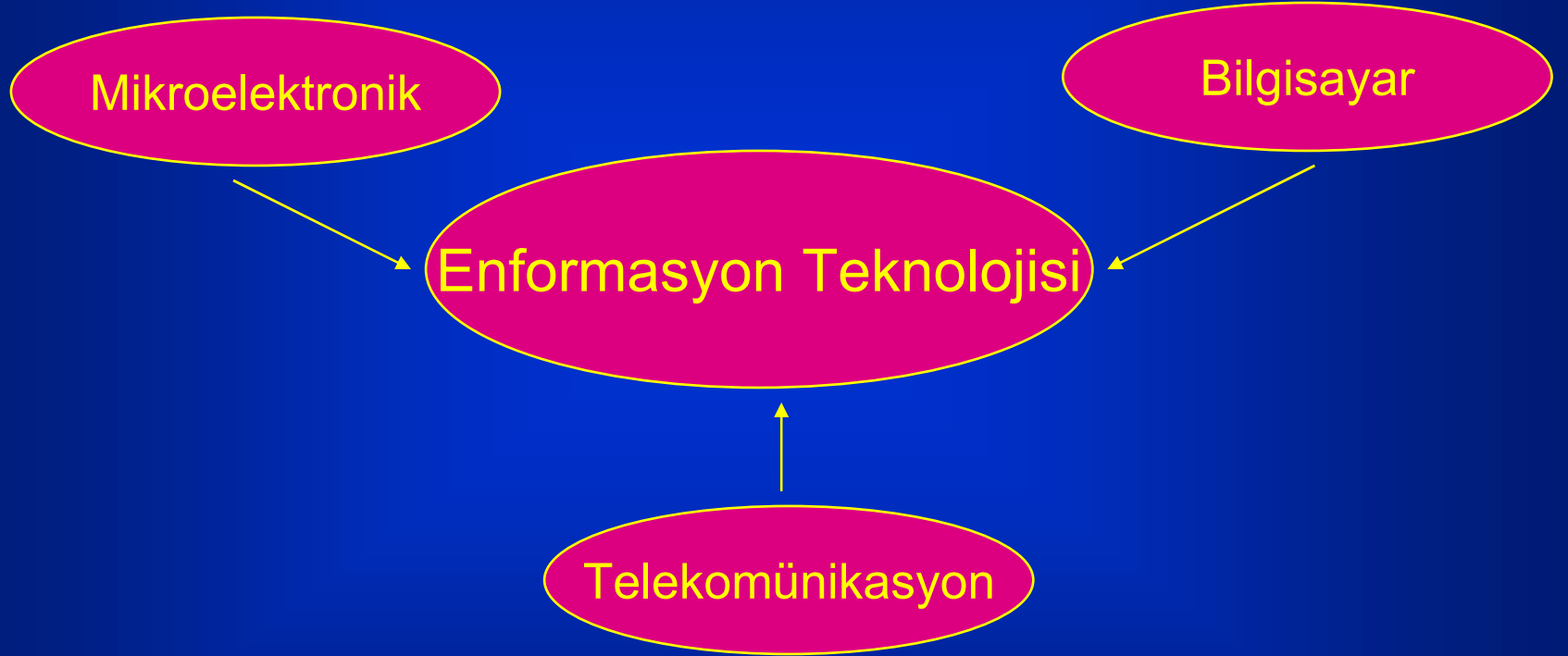




YENİ YARI-İLETKEN TEKNOLOJİLERİ

Doç. Dr. Cengiz Beşikci







Mikroelektronik Teknolojisi



III-V Grubu Bileşik Yarı-iletkenler



Kolon III

Al

Ga

In

Kolon V

N

As

P

Sb

AlN

GaN

GaP

AlAs

GaAs

InP

InAs

InSb

$Al_xGa_{1-x}N$

$Ga_xIn_{1-x}P$

$AlIn_xAs_{1-x}$

$Al_xGa_{1-x}As$

$In_xGa_{1-x}As$

$InAs_xSb_{1-x}$



III-V Yarı-iletken Teknolojisi

Elektronik Cihazlar

Optoelektronik Cihazlar

MESFET

MODFET

HBT

Optoelektronik Tümleşik Devreler

Fotodedektör

Lazer

Fototransistör

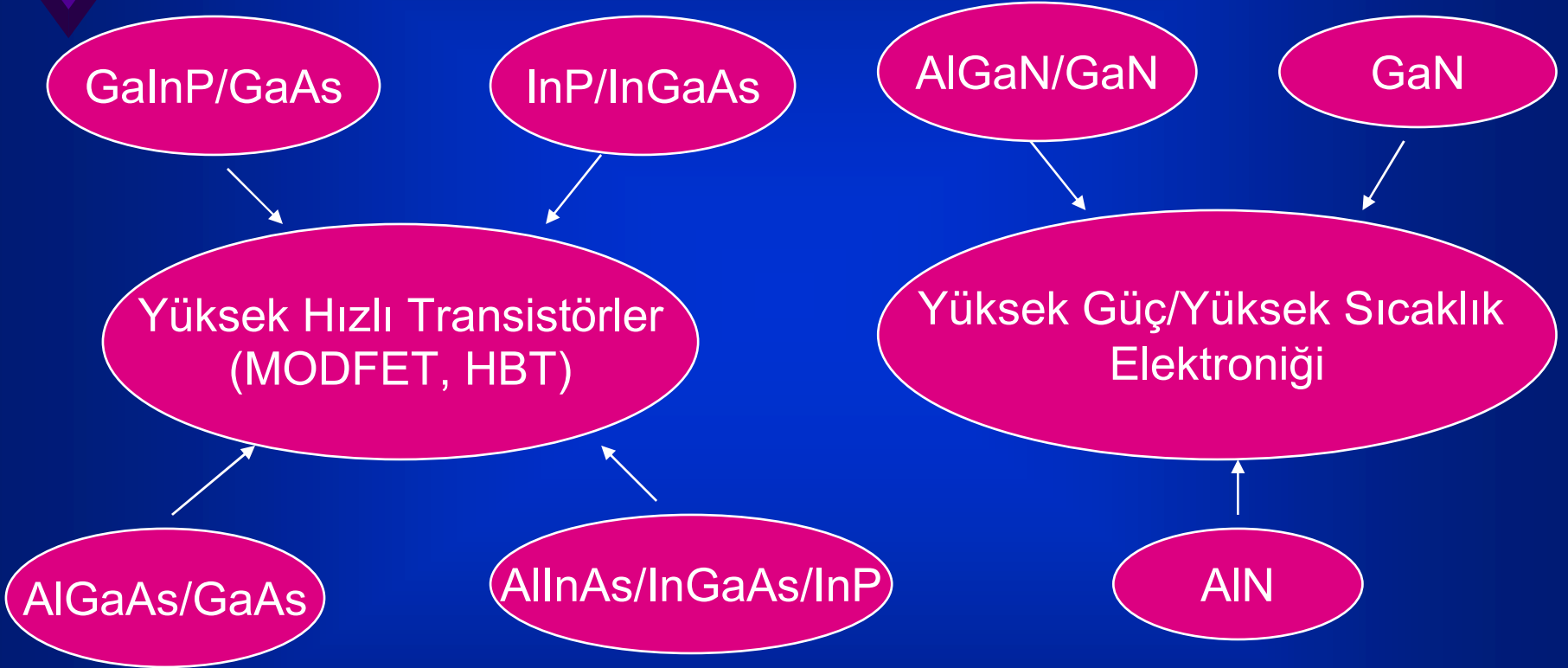
Güneş Pili

Sayısal Tümleşik Devreler

Monolitik Mikrodalga Tümleşik Devreler



Elektronik Uygulamaları





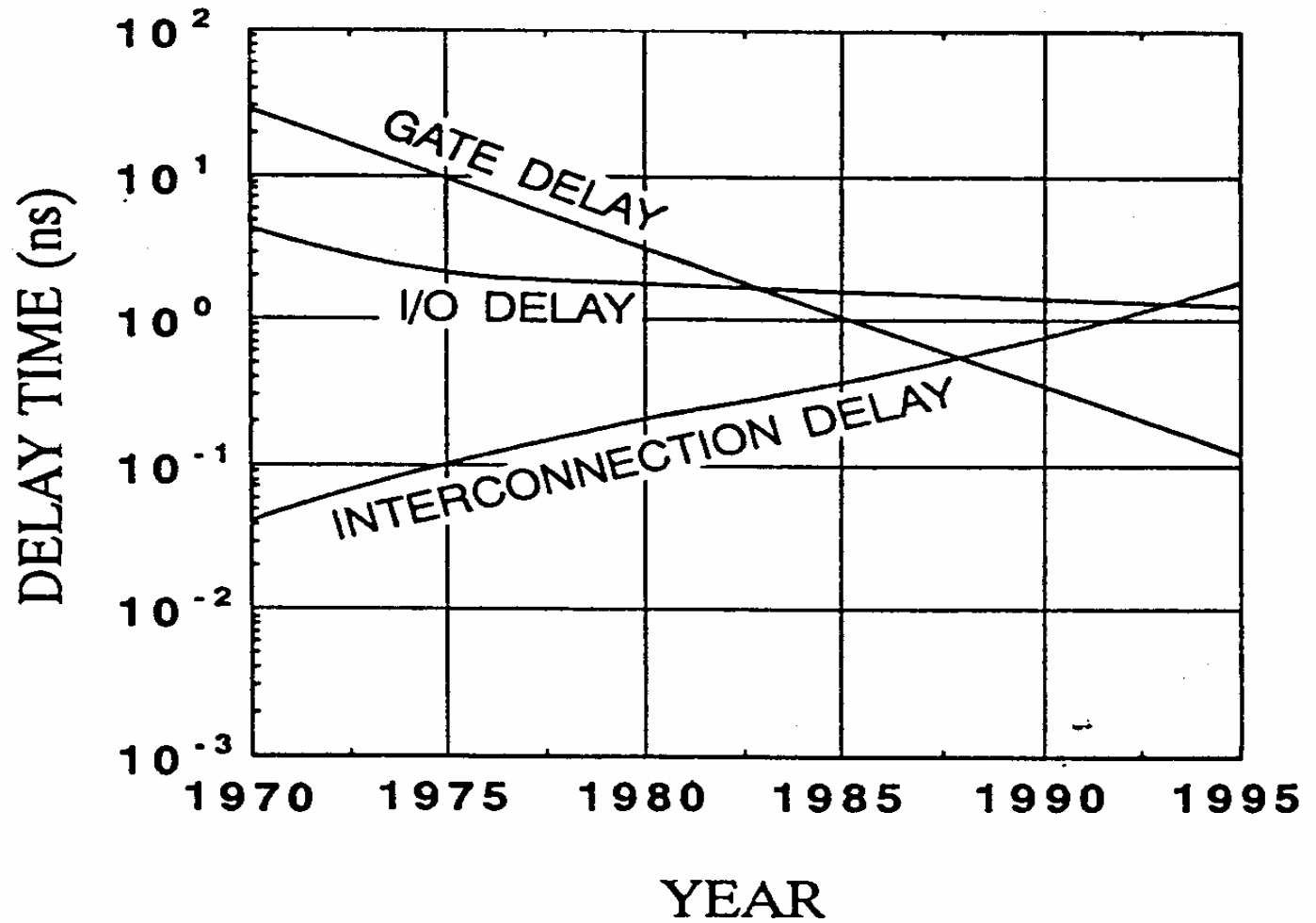
III-Nitratlar

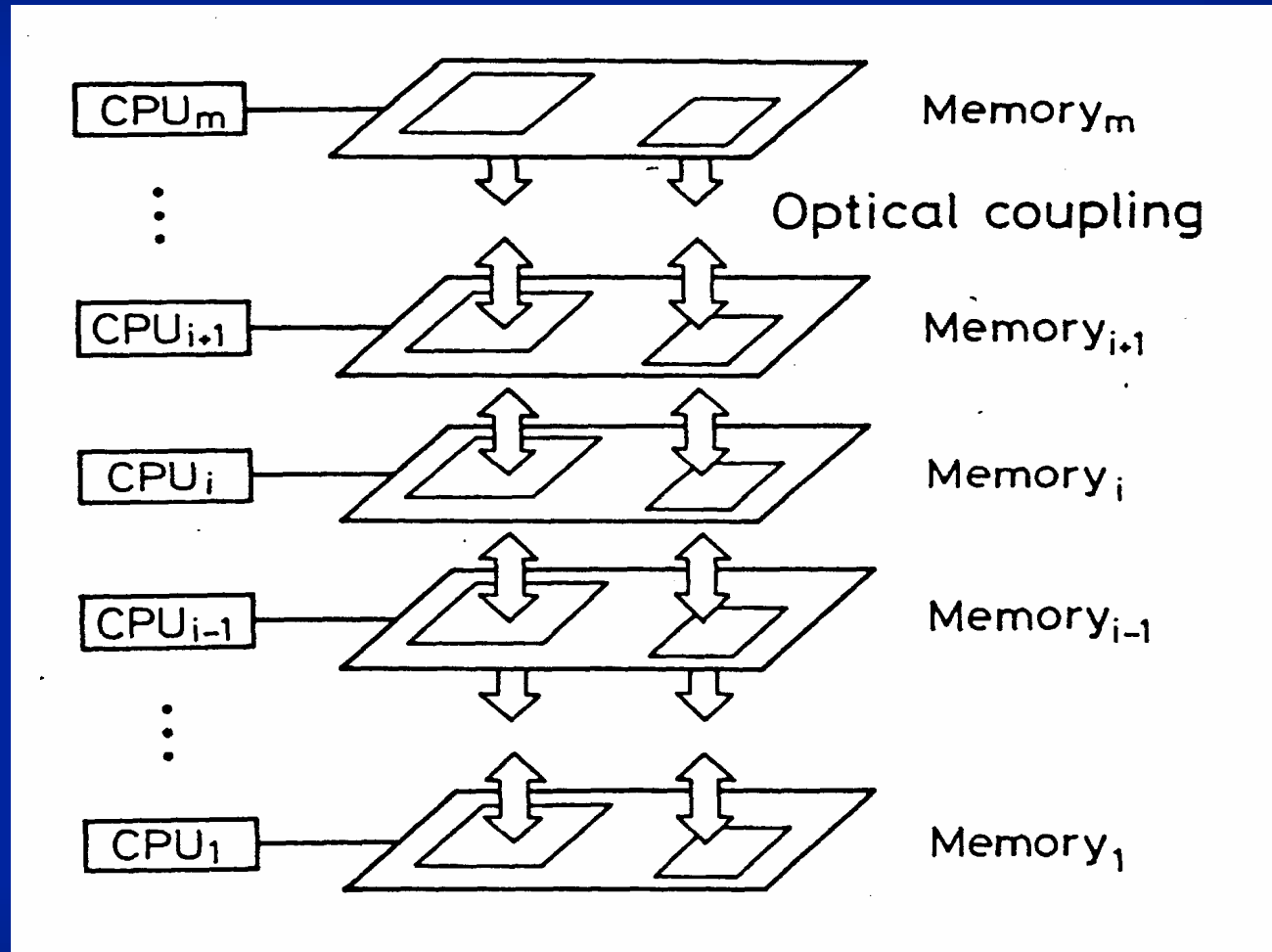
AIN, GaN, InN, AlGaIn, InGaAlN

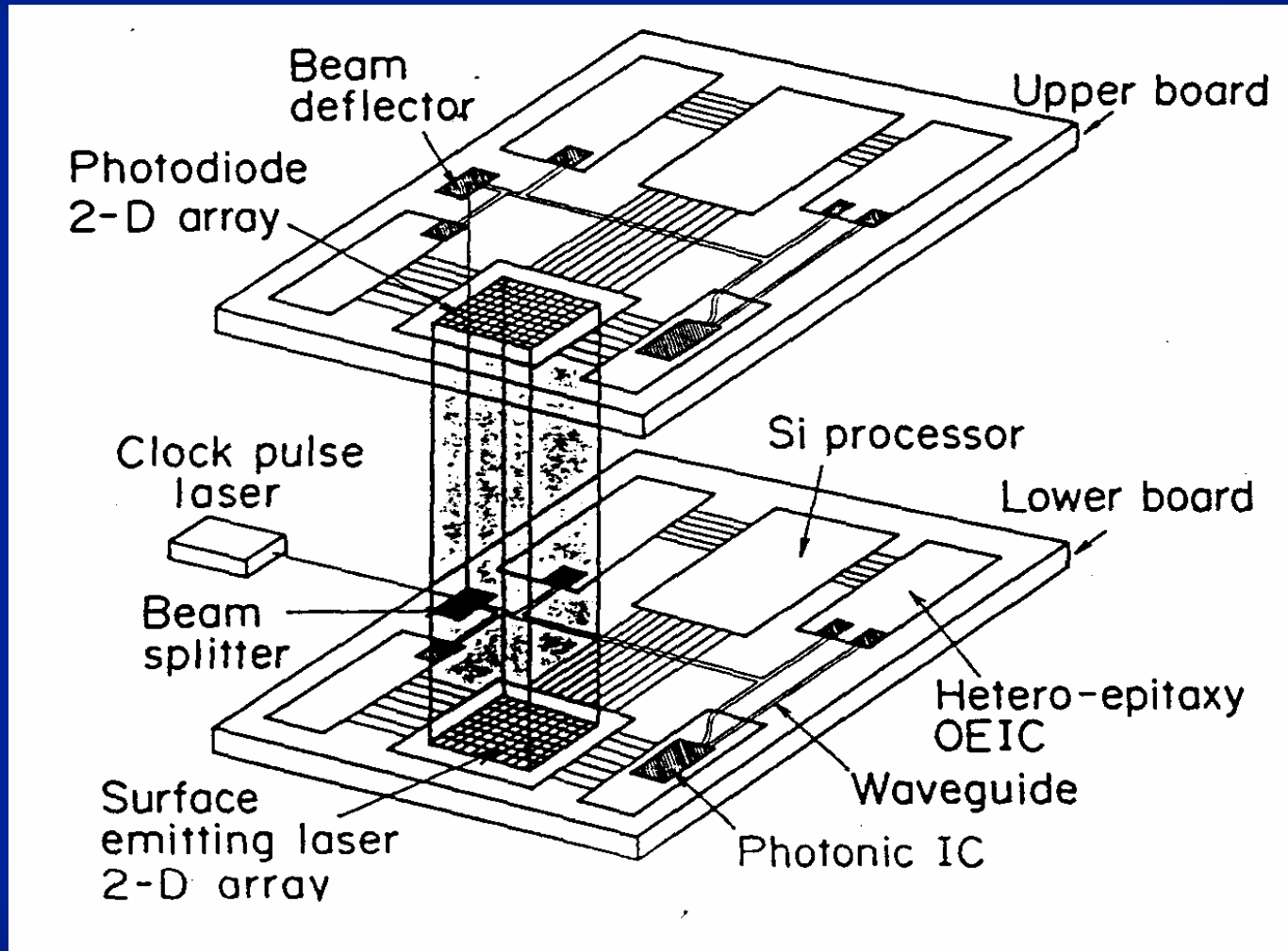
- ◆ Bant aralıkları görünür spektrumu tamamiyle kaplar.
1.9 eV (InN)-6.2 eV (AIN)
- ◆ Mavi LED ve Lazer
- ◆ Küçük dalgaboyu, yüksek yoğunlukta optik depolama
- ◆ Büyük bant aralığı, yüksek ısıl iletkenlik, yüksek güç/yüksek sıcaklık elektroniği
- ◆ Kuvvetli bağ, kimyasal aşınmaya karşı dayanıklı

**2001 yılında GaN Optoelektronik Pazarı
2 Milyar A.B.D. Doları**



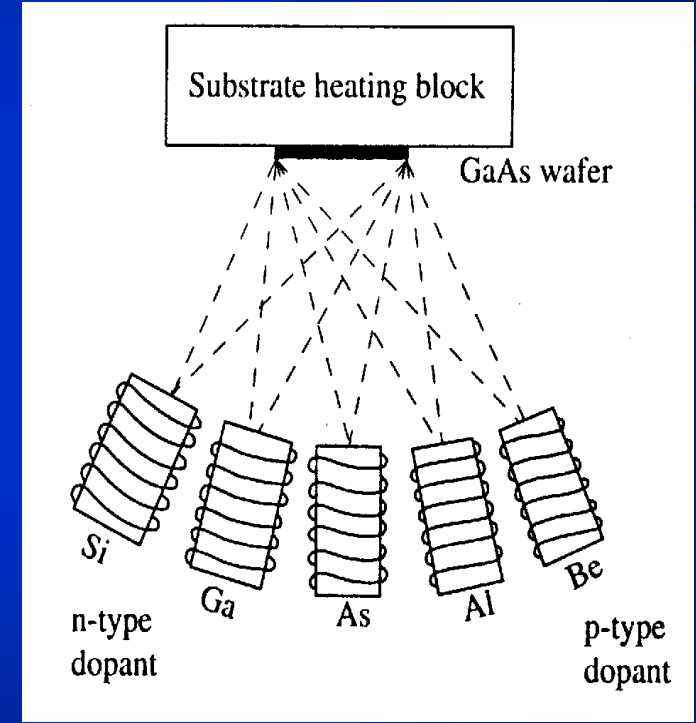






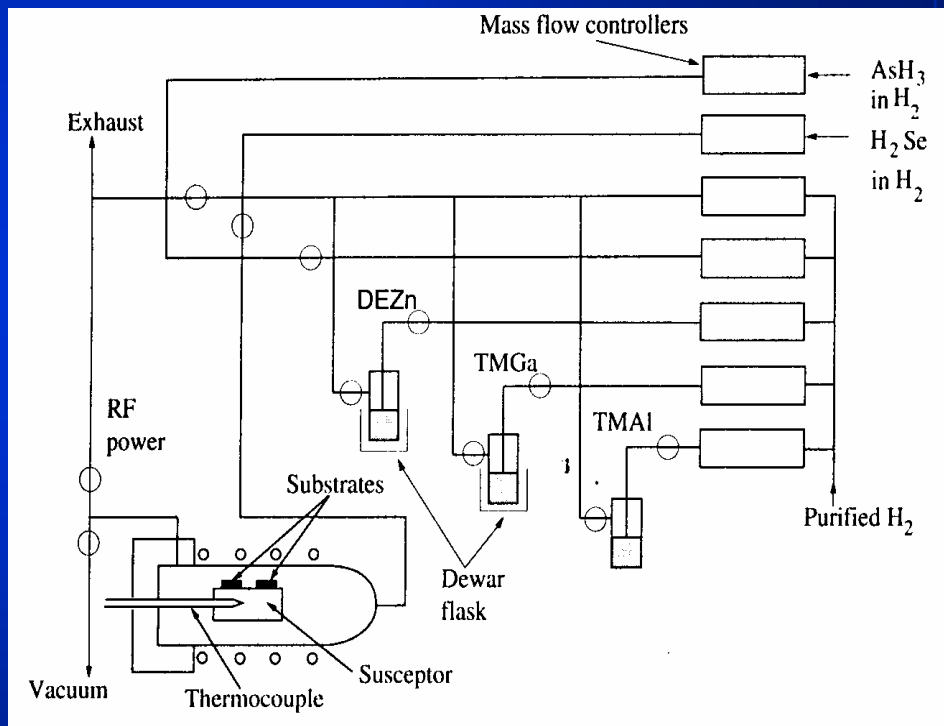


Moleküler Işın Epitaksisi (MBE)





Metalorganik Kimyasal Buhar Depozisyonu (MOCVD)



Ev Yapımı MOCVD Reaktörü





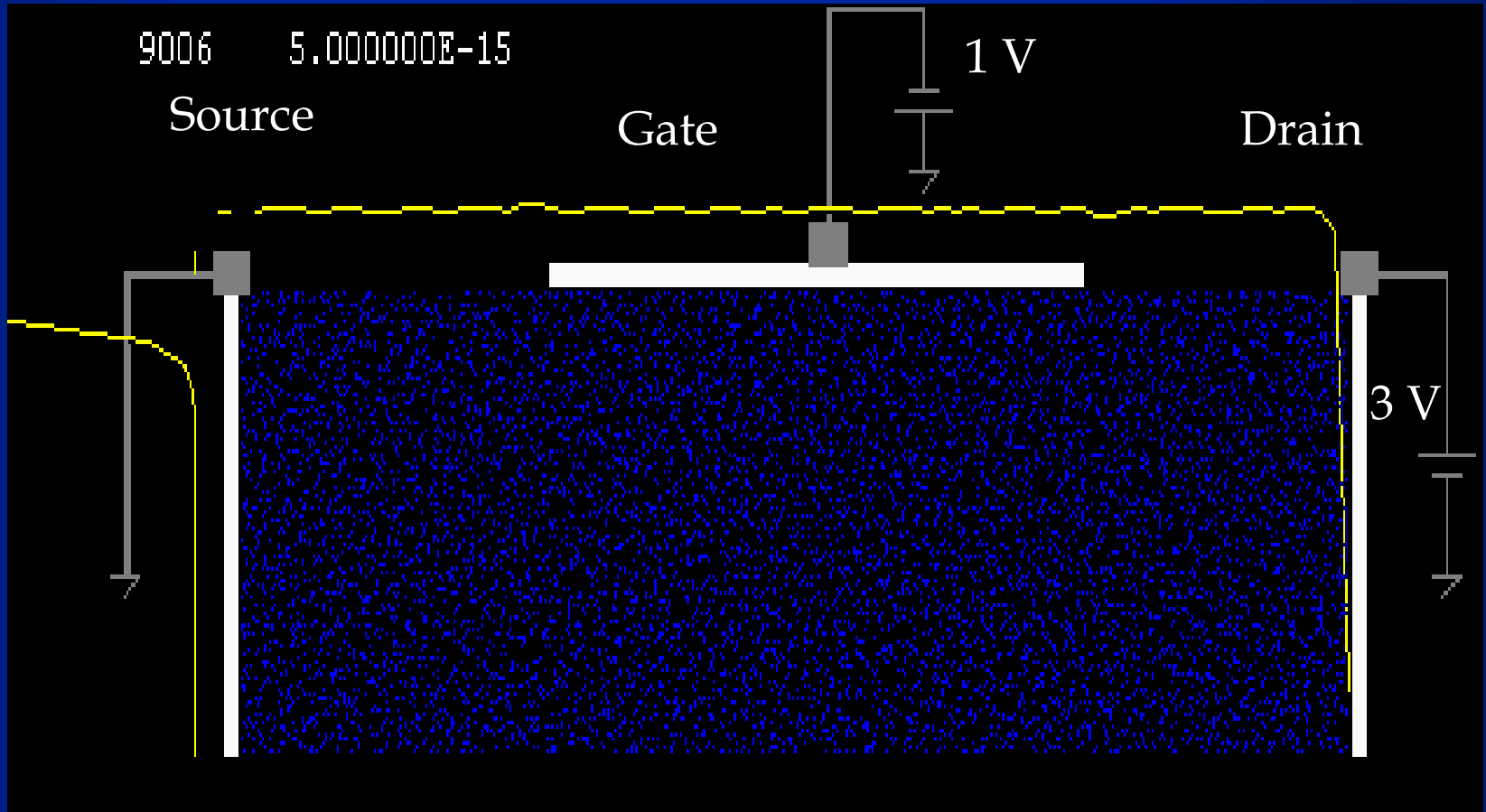
Mikroelektronik Alanında ODTÜ'de Yapılan Çalışmalar

- ◆ *Yarı-İletken Aygıt Modellemesi*
- ◆ *Yarı-İletken Karakterizasyonu*
- ◆ *Entegre Devre Tasarımı*
- ◆ *Sensör, Transistör, Kızılötesi Dedektör Tasarımı ve Fabrikasyonu*

III-V Grubu Yarı-İletkenler Üzerinde Süren Projeler:

- ◆ *GaInP/InGaAs/GaAs MODFET Yapıları*
- ◆ *Si Taban Üzerinde InSb (3-5 μm) Kızılötesi Dedektörler*

MESFET





Kızılötesi Dedektör Malzemeleri

3-5 μm

InSb

PtSi

PbSe

8-12 μm

$\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$

$\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$

InTlSb





Neden InSb ve InAsSb?

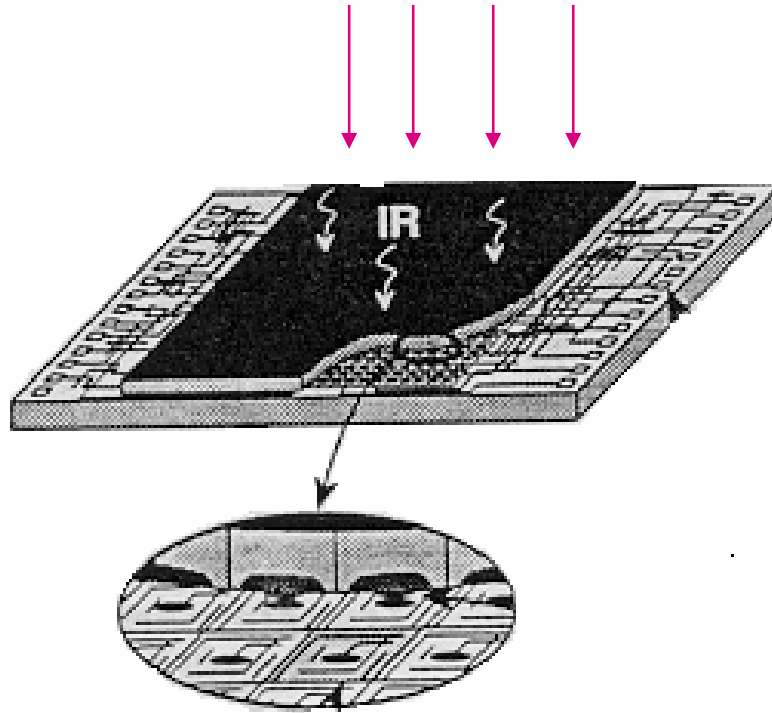
- ◆ Homojen olarak büyütülebilir
- ◆ Güçlü kovalent ba¹ özelli²i
- ◆ Si Taban üzerinde başarı



Si Tabanın Avantajları

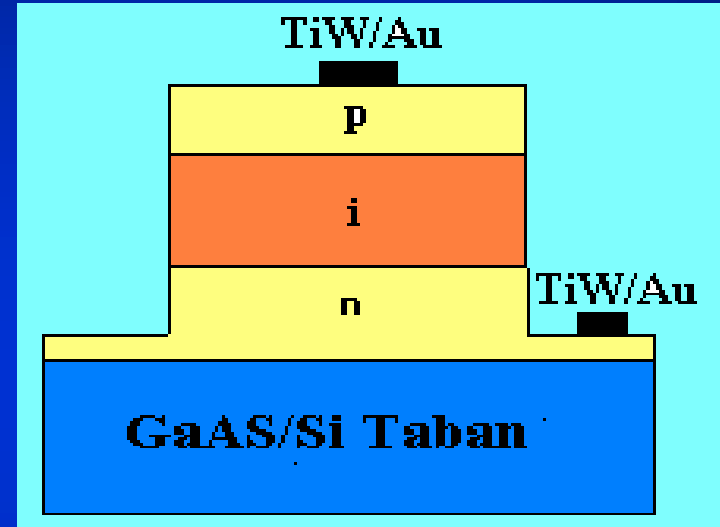
- ◆ Daha büyük taban
- ◆ Okuma devresi ile aynı genleşme katsayısı
- ◆ Taban inceltmeye gerek yok
- ◆ Okuma devresi ile monolitik entegrasyon mümkün

Okuma Devresi ile Hibrid Entegrasyon



Dedektör Yapısı

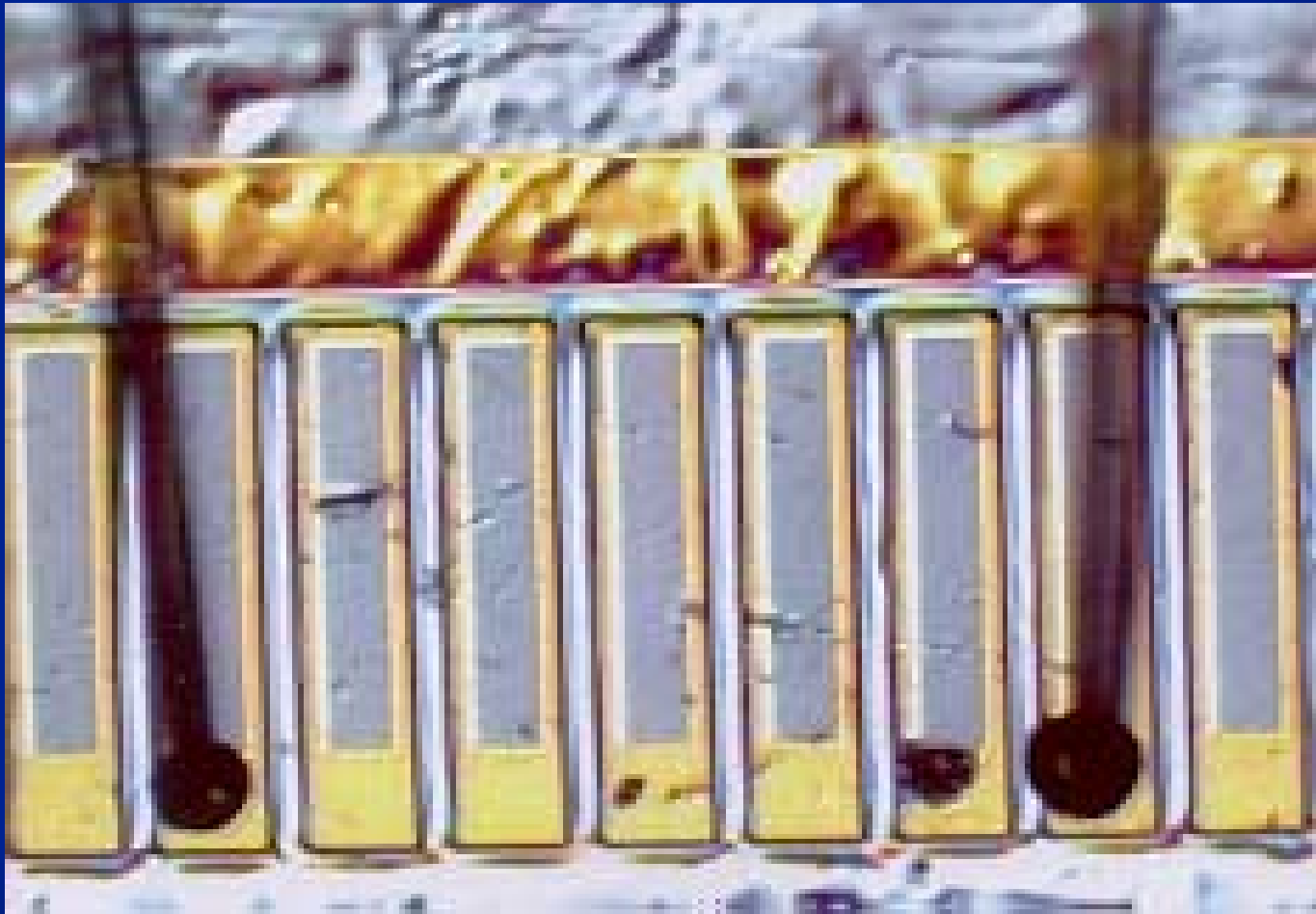
p-InSb	1 μm
intrinsik InSb	8 μm
n-InSb	1.5 μm
GaAs/Si Taban	



- ◆ Molecular Işın Epitaksisi (MBE) Büyütme Tekniği
- ◆ 92,000 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ Elektron Mobilitesi (77 K)
(Dünyada elde edilebilen en yüksek mobilite)

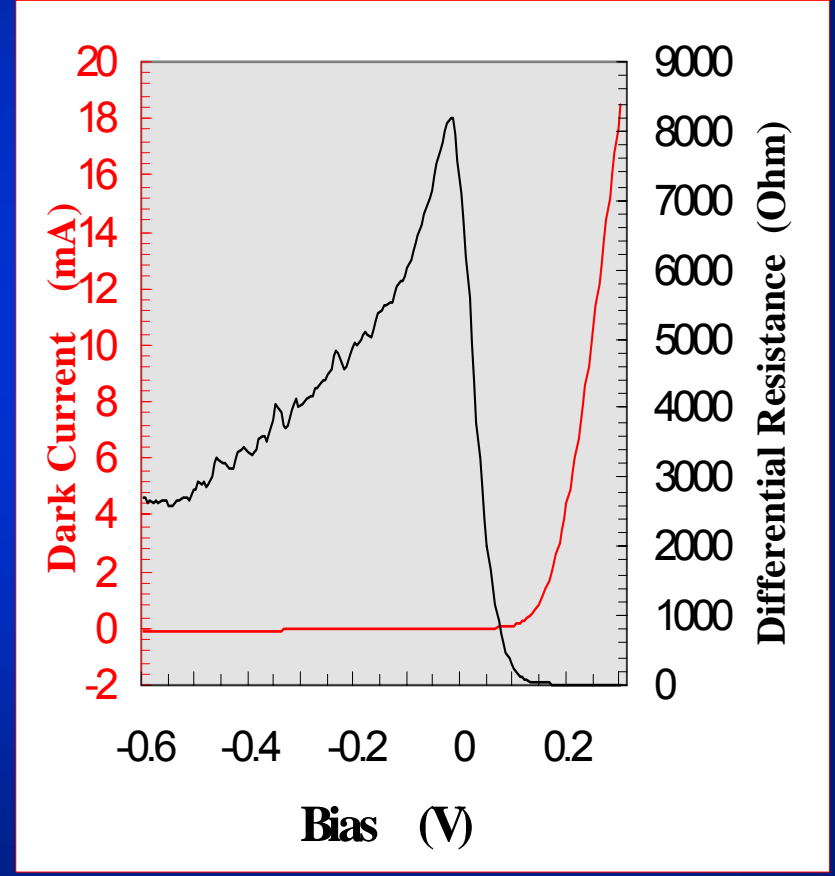
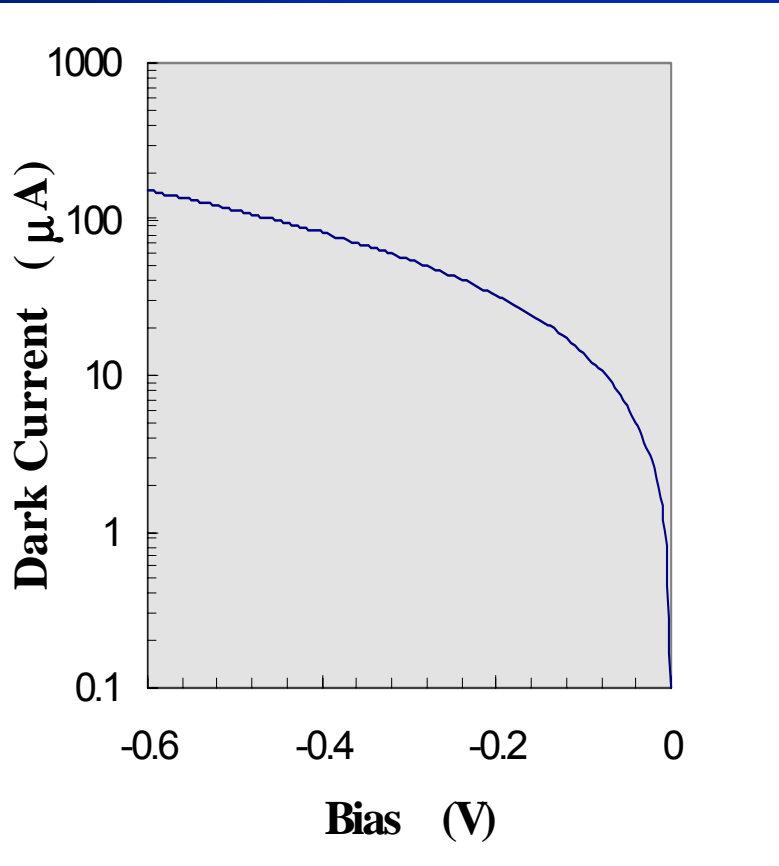


400 X 80 μm^2 Dedektör Dizisi



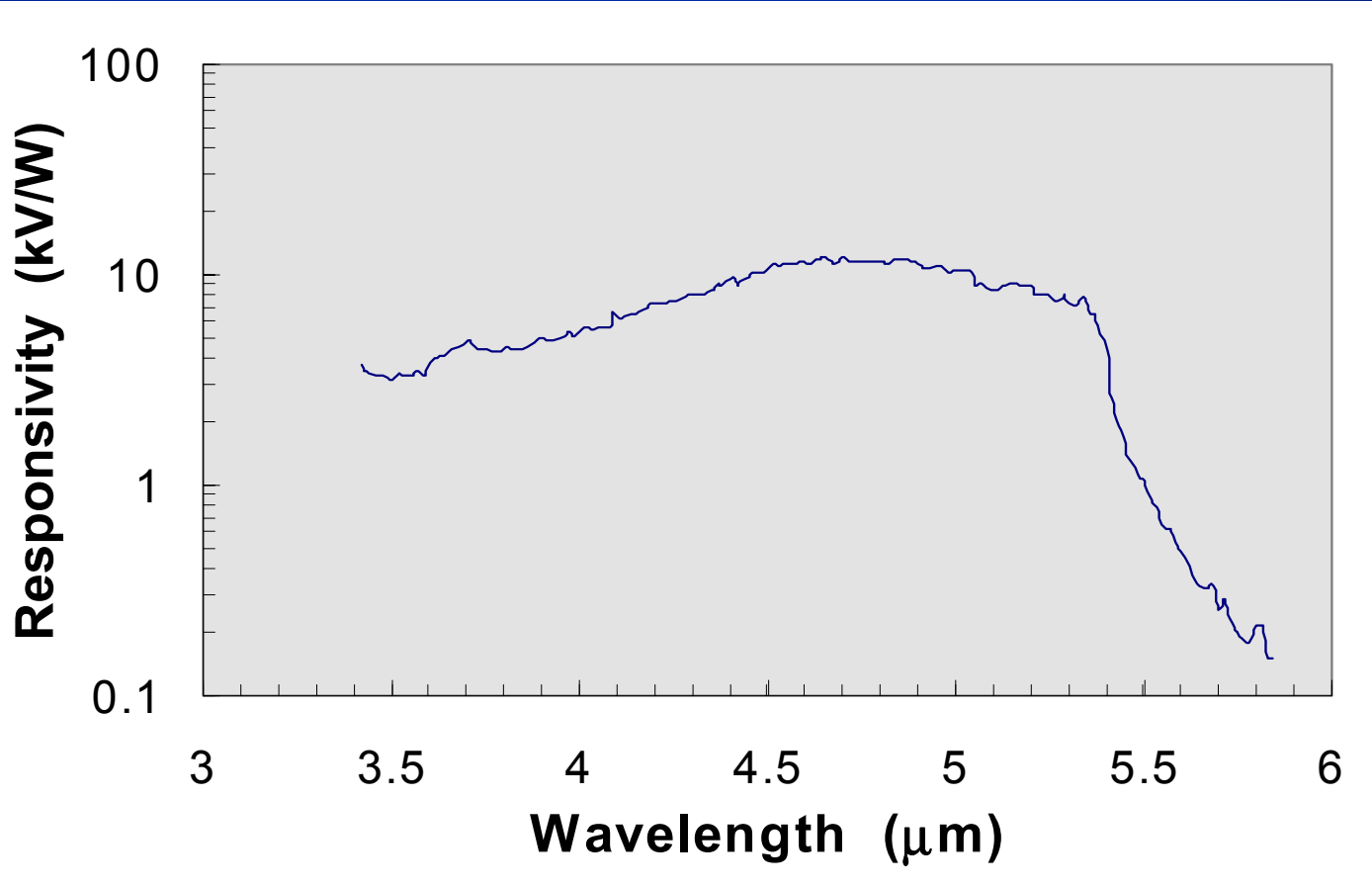
Elektriksel Karakterizasyon

77 K

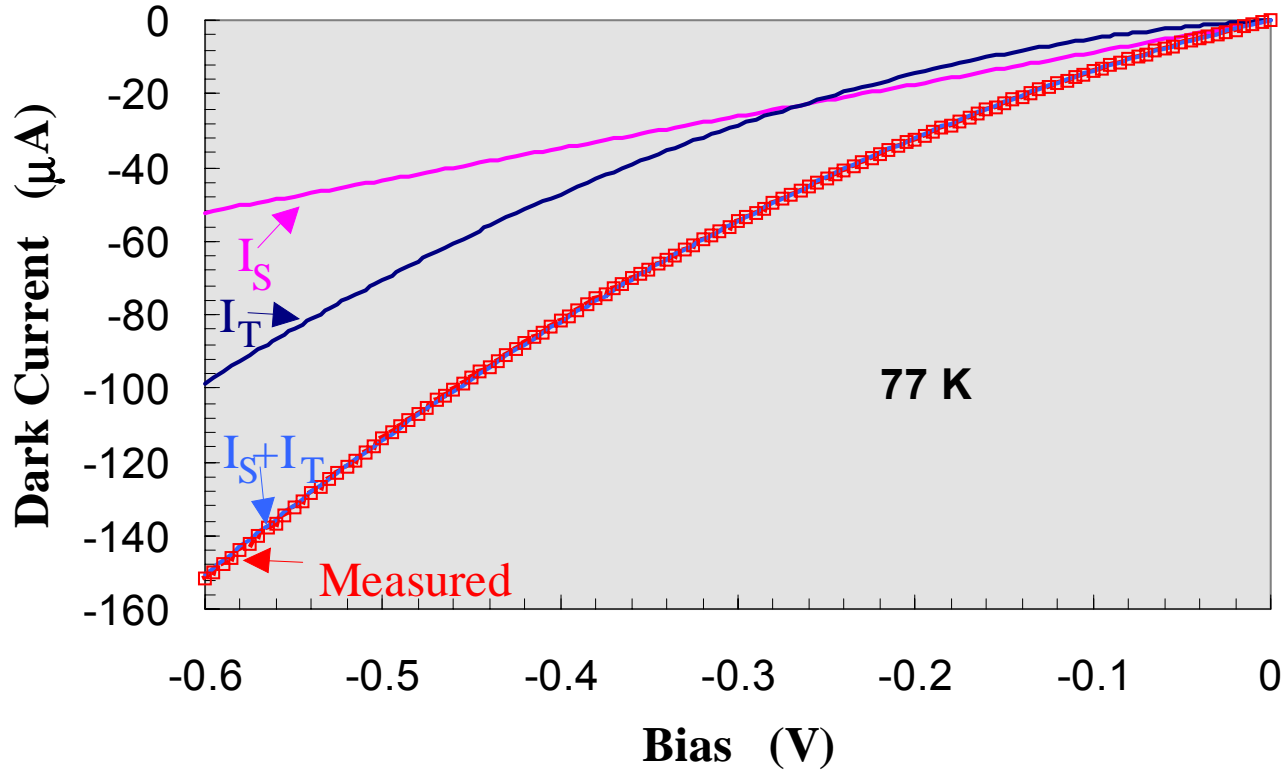


Optik Karakterizasyon

77 K



Karanlık Akım



Sonuçlar

- ◆ 1.2 kV/W Gerilim Responsivitesi
- ◆ D  k Kaçak Akım
- ◆ Homojen Dağılım
- ◆ Si taban üzerinde dünyada elde edilen en iyi performans
- ◆ InSb Dedektörlerin Si Okuma Devresi ile Monolitik Entegrasyonu Mümkün



Halen Sürdürülen Çalışmalar

- ◆ 8x8 Dedektör Dizisinin bir Multiplexer Devresi ile Entegrasyonu ve Testi
- ◆ Daha Büyük Boyutta FPA ve Okuma Devresi Fabrikasyonu



Yapılması Planlanan Çalışmalar

- ◆ Modern yarı-iletken büyütme teknolojisinin ODTÜ'de geliştirilmesi
- ◆ 8-12 μm penceresinde kızılötesi dedektörler
- ◆ Yüksek çözünürlüklü FPA Yapıları



Araştırma Bazında Gerekli Yatırım

- ◆ Temiz Oda-1,000,000 USD
- ◆ Kristal Büyütme-2,000,000 USD
- ◆ Yapısal Karakterizasyon-500,000 USD
- ◆ Elektriksel Karakterizasyon-200,000 USD
- ◆ Optik Karakterizasyon-300,000 USD
- ◆ Aygıt Fabrikasyonu ve Karakterizasyonu-1,000,000 USD
- ◆ TOPLAM: 5,000,000 USD



Center for Quantum Devices, Northwestern University, A.B.D.



1992	1993	1994	1995	1996
Yüksek güç 980 nm lazer	InTISb Yari-iletkeninin ilk defa büyütülmesi	ilk Al içermeyen p-QWIP	Al içermeyen yüksek güç 808 nm lazer	ilk Al içermeyen yüksek güç 3-5 um Lazer
ilk Si taban üzerine 1.3 um lazer	ilk InTISb infrared fotodedektör	Rekor Kalitede AlN	13 um, 300 K ilk InAsSb infrared fotodedektör	ilk AlGaIn-AlN 260-200 nm fotodedektör
	ilk Al içermeyen yüksek güç lazer (MOCVD)	Rekor Kalitede GaN ve AlGaIn	ilk AlN/Si MIS	ilk InSb/GaAs ve InSb/Si FPA
		ilk GaN p-n Fotovoltaik UV dedektör		n-tip QWIP





Özel Sektörün Toplam Ar-Ge Harcamaları İçindeki Payı

Türkiye	%24
ABD	%73
Japonya	%66
Rusya	%66
İngiltere	%65
Fransa	%62
İtalya	%58
İspanya	%45
Yunanistan	%27
G.Kore	%73





Ar-Ge Harcamalarının GSYİH İçindeki Payı

Türkiye	%0.38
ABD	%2.55
Japonya	%2.84
Rusya	%0.82
İngiltere	%2.19
Fransa	%2.34
İtalya	%1.12
İspanya	%0.82
Yunanistan	%0.49
G.Kore	%2.30





Alınması Gerekli Önlemler

- Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikasının Geliştirilmesi ve Kararlılık İçinde Uygulanması
- AR-GE'ye Daha Fazla Devlet Yardımı
- Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezleri
- Uluslararası Araştırma Projeleri
- Üniversite'de Savunma Amaçlı Araştırmanın Yönlendirilmesi

