

MASTER-DOSSIER: Luminarit-GreenRAM V2

Der erste rare-earth-freie, umweltfreundliche High-Speed-RAM der Welt

1. Einleitung & Vision

Der Luminarit-GreenRAM V2 ist das Ergebnis eines klaren Leitbildes:

- **0 % Seltene Erden**
- **maximale Umweltfreundlichkeit**
- **volle CMOS-Kompatibilität**
- **DRAM-ähnliche Geschwindigkeit**
- **non-volatile, energieeffizient, langlebig**

Damit entsteht ein Speicher, der nicht nur technisch überzeugt, sondern auch ökologisch und geopolitisch neue Maßstäbe setzt.

2. Warum GreenRAM die Umwelt schützt

2.1 Kein Refresh → drastisch weniger Energieverbrauch

DRAM benötigt permanent Refresh-Zyklen.

GreenRAM nicht.

Formel für Refresh-Leistung:

$$P_{\text{refresh}} = U \cdot I_{\text{refresh}}$$

GreenRAM:

$$P_{\text{refresh}} = 0$$

→ **bis zu 90 % Energieeinsparung im Idle.**

2.2 Fertigung ohne EUV → massiv weniger CO₂

GreenRAM nutzt:

- **65–90 nm DUV**
- **keine EUV-Scanner**
- **keine Gigafabs**
- **bestehende 200/300-mm-Fabs**

Das spart:

- Energie
 - Wasser
 - Chemikalien
 - Infrastrukturkosten
-

2.3 0 % Seltene Erden → geopolitisch sauber

Materialien:

- HfO₂
- TiOx
- TiN
- Graphen
- Kupfer
- Stickstoff

Alle global verfügbar, ohne Monopolrisiken oder ökologische Katastrophen.

3. Technische Architektur

3.1 1T1R-Zelle (Transistor + RRAM)

Die Zelle besteht aus:

- einem Auswahltransistor
- einer resistiven Speicherzelle (RRAM)

Filament-Widerstandszustände:

$$R_{\text{ON}} \ll R_{\text{OFF}}$$

Schaltspannung:

$$V_{\text{set}} \approx 1.2 - 1.8 \text{ V}$$

Schaltzeit:

$$t_{\text{switch}} < 10 \text{ ns}$$

3.2 Materialstack (Ultra-Fast-Stack)

Schicht	Material	Funktion
Obere Elektrode	TiN / Graphen	Leitfähig, stabil
Speed-Buffer	TiOx	Ionenbeschleuniger
Aktiv-Medium	HfO ₂ :N	Stickstoff-dotiert, schnelle Filamentbildung
Untere Elektrode	TiN	CMOS-kompatibel

4. Leistungsdaten

Parameter	GreenRAM V2	DDR4/DDR5
Latenz	< 10 ns	10–15 ns
Idle-Verbrauch	≈ 0 W	hoch (Refresh)
Endurance	≥ (10 ⁹)	praktisch unbegrenzt
Retention	≥ 10 Jahre	0 Sekunden
Seltene Erden	0 %	teils vorhanden
Fertigung	65–90 nm	10–14 nm EUV

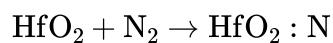
5. Herstellungsprozess

5.1 CMOS-Basis (Front-End)

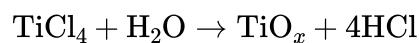
- Oxidbildung
 - Gate-Stack
 - Source/Drain-Implantation
 - Metallisierung
-

5.2 RRAM-Integration (Backend-of-Line)

Schritt 1: ALD-Abscheidung des HfO₂:N



Schritt 2: ALD-Abscheidung des TiO_x-Speed-Layers



Schritt 3: Elektrodendeposition (TiN/Graphen)

Schritt 4: Kontaktierung & Metallisierung

Schritt 5: Multi-Bank-Layout + SRAM-Cache

Erhöht die effektive Bandbreite und maskiert Schreibvorgänge.

6. Ökologischer Gesamtnutzen

6.1 Energieeinsparung im Betrieb

Gesamtenergie:

$$E_{\text{total}} = \int P(t) dt$$

Da:

$$P_{\text{refresh}} = 0$$

→ sinkt der Gesamtenergieverbrauch drastisch.

6.2 Längere Lebensdauer → weniger Elektroschrott

RRAM ist non-volatile und robust.

Systeme müssen seltener ersetzt werden.

6.3 Keine seltenen Erden → keine Umweltzerstörung

Kein:

- Säureauswaschen
 - Grundwasservergiftung
 - radioaktive Nebenprodukte
-

7. Abschluss – Die Botschaft

Selbstbewusster Abschlussspruch

„Wir haben verstanden: Leistung allein reicht nicht mehr.

Technologie muss die Umwelt schützen – und genau das tut GreenRAM.“

**